

# VB5.2 인터페이스를 위한 연결 제어 프로토콜과 병렬형 연동 모델 (Connection Control Protocol and Parallel Interworking Model for the VB5.2 Interface)

차 영욱\*                      김 춘희\*\*                      한 기준\*\*  
(Young-Wook Cha)      (Choon-Hee Kim)              (Ki-Jun Han)

**요약** B-ISDN 환경의 VB5.2 인터페이스는 B-BCC 프로토콜을 이용하여 액세스 망과 서비스 노드 사이에서 ATM 자원의 동적인 할당 및 해제 기능을 제공한다. 본 논문에서는 액세스 망의 도입으로 인한 연결 설정 지연을 향상시키기 위하여 VB5.2 인터페이스의 B-BCC 프로토콜을 개선시킨 B-ANCC 프로토콜과 서비스 노드에서 VB5.2 인터페이스의 연결 제어 프로토콜이 신호 프로토콜과 병렬형으로 연동하는 모델을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 B-ANCC 프로토콜의 정확성을 확인하기 위하여 자동 도구인 SPIN을 이용하여 검증하였으며, 큐잉 모델 분석과 시뮬레이션을 통하여 B-BCC 프로토콜 기반의 순차형 연동 모델과 B-ANCC 프로토콜 기반 병렬형 연동 모델의 연결 설정 지연 및 완료비에 대한 비교, 분석을 수행하였다. 분석 결과 VB5.2 인터페이스의 연결 제어 프로토콜로 B-BCC 대신 B-ANCC를 사용하고 병렬형 연동 방식을 사용함으로써, 연결 설정 지연과 완료비 모두를 향상시킬 수 있음을 알 수 있었다.

**Abstract** The VB5.2 interface of B-ISDN, that is located between an access network and a service node, allows dynamic allocation and release of ATM resources. In this paper, we propose the B-ANCC protocol of the VB5.2 interface to minimize the overall connection setup delay by introducing the access network. The B-ANCC protocol enhances the B-BCC protocol and adopts a parallel interworking function with signaling protocols in the service node. To confirm the correctness of the proposed B-ANCC protocol, we validate it using the automated validation tool, SPIN. We analyze and simulate the sequential interworking model based on the B-BCC protocol and the parallel interworking model based on the B-ANCC protocol, in terms of a connection setup delay and a completion ratio. It is shown that our proposed parallel interworking model with B-ANCC reduces a setup delay and improves a completion ratio compared to the sequential interworking model with B-BCC.

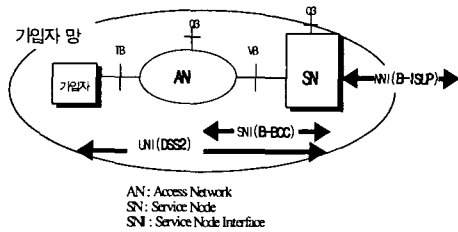
## 1. 서 론

통신 사업이 개방화되고 서비스 유형이 다양화되며, 가입자 선로의 수요가 증가함에 따라서 액세스 노드를 가입자 액세스 망(AN : Access Network)에 도입하게 되었으며, 국간 망과 액세스 노드 사이를 광 케이블 혹은 고속의

DSL(Digital Subscriber Line) 기술로 전환하려는 노력이 진행되고 있다. 광대역 액세스 망은 PSTN, N-ISDN, B-ISDN과 같은 다양한 가입자 액세스 유형의 트래픽을 집선 혹은 다중화하여 ATM(Asynchronous Transfer Mode) 교환기와 같은 서비스 노드(SN : Service Node)로 전송한다[1].

가입자 망, 액세스 망, 국간 망에서의 인터페이스 및 연결 제어 프로토콜의 모델은 <그림 1>과 같다.

\*안동대학교 컴퓨터 공학과  
\*\*경북대학교 컴퓨터 공학과



<그림 1> 액세스 망의 인터페이스

가입자 망의 UNI(User Network Interface)에서 연결 및 호 처리를 위한 신호 프로토콜로는 DSS2(Digital Subscriber Signalling system No. 2)[2], 국간 망의 NNI(Network Node Interface)에서는 B-ISUP(Broadband ISDN Signalling User Part)[3]이 표준화되어 있다. AN과 SN 사이의 ATM 연결 제어를 위한 인터페이스를 VB5라고 한다. VB5는 TMN(Telecommunication Management Network)의 Q3 인터페이스를 통하여 ATM 연결 제어 기능을 정적으로 수행하는 VB5.1 인터페이스와, B-BCC(Broadband Bearer Connection Control) 프로토콜을 이용하여 동적으로 수행하는 VB5.2 인터페이스로 구분되어 표준화가 진행되고 있다[4]. 그리고 종단간 연결 제어를 위하여 각 구간마다 서로 다른 프로토콜의 연동 기능이 필요하며, 이 기능은 가입자 망에서 국간 중계망으로 연결되는 창구인 SN에서 수행된다.

VB5.2 인터페이스에서 B-BCC 프로토콜에 의한 동적인 연결 제어를 함으로써 자원의 효율적인 사용과 효과적인 트래픽 제어가 가능하지만, B-BCC 프로토콜은 ATM의 다양한 전달 능력 및 응용 서비스에 관계없이 동일한 연결 제어 절차를 적용하므로 연결 설정 시 지연이 커진다. 또한 ITU-T에서는 종단간 연결 제어를 위하여 B-BCC 프로토콜이 DSS2, B-ISUP 신호 프로토콜과 순차형 방식으로 연동되는 모델을 제안하고 있다[5]. 순차형 연동 모델에서는 종단간 연결 설정을 위한 연동 시 B-BCC 프로토콜의 응답이 온 다음에 신호 프로토콜의 연동 기능을 진행하므로 연결 지연이 커진다. 따라서 ATM 연결에서 요구하는 다양한 전달 능력을 고려하여, 연결 제어 시의 지연을 최소화시킬 수 있는 VB5.2 인터페이스의 연결 제어 프로토콜 및 효율적인 연동 모델의 제안이 요구된다.

본 논문에서는 액세스 망에서 연결 제어 프로토콜의 사용에 따른 지연을 향상시키기 위하여 B-BCC 프로토콜을 개선시킨 B-ANCC(Broadband Access Network Connection Control) 프로토콜을 제안한다. B-ANCC 프로토콜에서는 ATM 트래픽 전달 능력에 따라 서로 다른 절차를 수행함으로써 연결 지연을 향상시킨다. 그리고 본 논문에서는 순차형 연동 방식의 연결 설정 지연을 줄이기 위하여 B-ANCC 기반의 병렬형 연동 모델을 제안한다. 본 논문에서 제안한 B-ANCC 프로토콜의 정확성을 확인하기 위하여 자동 도구인 SPIN (Simple Promela INterpreter) [9]을 이용하여 검증하며, 큐잉 모델 분석과 시뮬레이션을

통하여 B-BCC 프로토콜 기반의 순차형 연동 모델과 B-ANCC 프로토콜 기반 병렬형 연동 모델의 연결 설정 지연 및 완료비에 대한 비교, 분석을 수행한다.

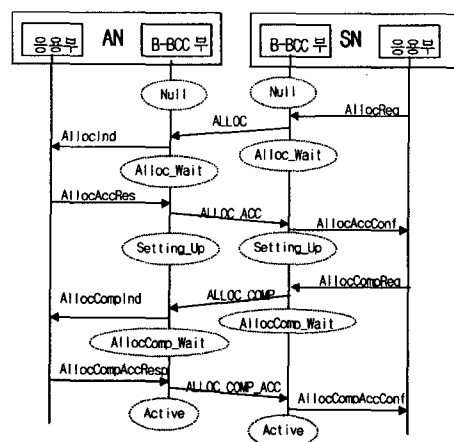
본 논문의 2 장에서는 관련 연구로서 B-BCC 프로토콜 및 순차형 연동 모델에 대하여 기술한다. 3 장에서는 본 논문에서 제안한 B-ANCC 프로토콜과 병렬형 연동 모델에 대하여 기술한다. 4 장에서는 자동 검증 도구인 SPIN을 이용하여 B-ANCC 프로토콜의 정확성을 확인하였으며, 5 장에서는 큐잉 모델 분석과 시뮬레이션을 통하여 B-BCC 프로토콜 기반의 순차형 연동 모델과 B-ANCC 프로토콜 기반 병렬형 연동 모델의 연결 설정 지연 및 완료비에 대한 비교, 분석을 기술한다. 끝으로 6 장에서는 연구 결과를 요약하고 본 연구의 향후 연구 방향을 제시한다.

## 2. B-BCC 프로토콜과 순차형 연동모델

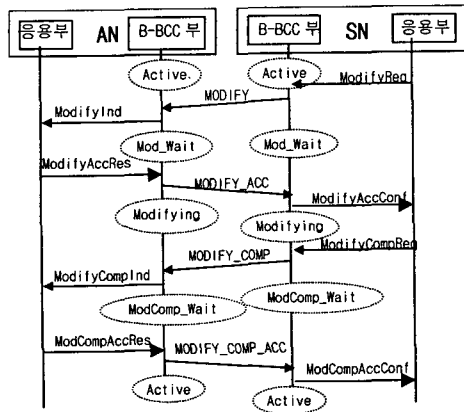
### 2.1 B-BCC 프로토콜

B-BCC 프로토콜 엔터티는 VB5.2 인터페이스 상의 ATM 연결 설정 및 해제, 트래픽 파라미터의 협상 및 수정, 자동 폭주 제어, 시동 및 재시동 기능 등을 수행한다 [5]. VB5.2 인터페이스에서 SN은 동적으로 자원을 할당하

는 주체가 되며, AN은 SN의 요구에 대하여 이를 협상하여 수락하거나 거절할 수 있다. B-BCC 프로토콜에서 점대점 ATM 연결의 설정 및 협상 절차는 <그림 2>와 같다.



<그림 2> B-BCC의 ATM 연결 설정 및 협상 절차



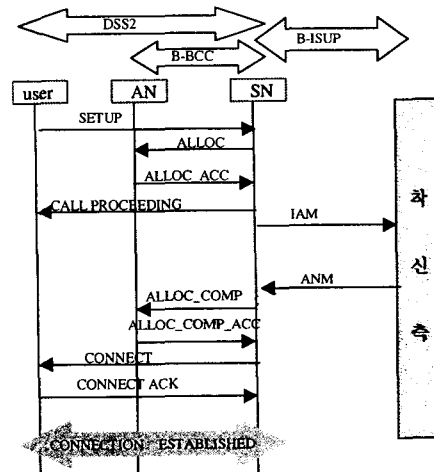
<그림 3> B-BCC의 ATM 연결 수정 절차

SN은 VB5 인터페이스의 연결 설정을 위하여 QoS(Quality of Service), VPCI, VCI, 트래픽 속성, 트래픽 파라미터 등이 포함된 ALLOC 메시지를 AN에게 전송한다. ALLOC 메시지를 수신한 AN은 일차 트래픽 파라미터의 협상 절차를 수행하여, SN의 연결 설정 요구를 수락하거나 거절한다. AN은 연결 설정의 요구를 수락하는 경우, 협상된 결과를 SN에게 ALLOC\_ACC 메시지로 통보하면 SN은 신호 프로토콜과의 연동 기능을 진행한다. 신호 프로토콜로부터 응답을 수신한 SN은 ALLOC\_COMP 메시지를 이용하여 AN에게 통보한다. AN의 B-BCC 응용부는 1차 트래픽 협상에서 예약했던 자원들과 비교하여 이차 트래픽 파라미터의 협상 절차를 수행한 후 ALLOC\_COMP\_ACC 메시지를 SN에 보내면 VB5 인터페이스의 연결 설정이 완료된다. B-BCC 프로토콜에서는 브랜치 식별자를 이용하여 점대다중점 연결의 브랜치 추가 및 해제 기능을 수행할 수 있다[5]. 또한 B-BCC는 VB5 인터페이스에 설정되어 있는 연결의 ATM 트래픽 파라미터에 대한 수정 및 협상 절차를 허용한다. MODIFY 메시지를 이용한 B-BCC의 수정 절차는 <그림 3>과 같다.

## 2.2 B-BCC 프로토콜 기반의 순차형 연동모델

중단간 연결 제어를 위하여 VB5.2 인터페이스의 연결 제어 프로토콜과 신호 프로토콜의 연동은 SN에서 수행이 된다. ITU-T SG 13에서는 B-BCC 프로토콜과 신호 프로토콜의 연동이 B-BCC 프로토콜의 응답이 올 때까지 기다린 후에, 국간 중계망 프로토콜을 진행하는 순차형 연동 방식을 권고하고 있다[5]. <그림 4>는 연결 설정을 위한 B-BCC 프로토콜

기반의 순차형 연동 절차를 나타낸다. <그림 4>에서 사용자로부터 DSS2의 SETUP 메시지를 수신한 SN은 AN으로 ALLOC 메시지를 보낸다. AN에서 ALLOC\_ACC 메시지를 수신한 다음 중계망으로 B-ISUP의 IAM 메시지를 보내어 착신측과 연결 설정을 시도한다.



<그림 4> B-BCC 기반의 순차형 연동 절차

## 3. B-ANCC 프로토콜 및 병렬형 연동 모델

본 장에서는 VB5.2 인터페이스의 연결 설정 지원을 최소화하기 위하여 본 논문에서 제안한 B-ANCC(Broadband Access Network Connection Control) 프로토콜과 B-ANCC 프로토콜이 신호 프로토콜과 병렬형으로 연동하는 모델에 대하여 기술한다.

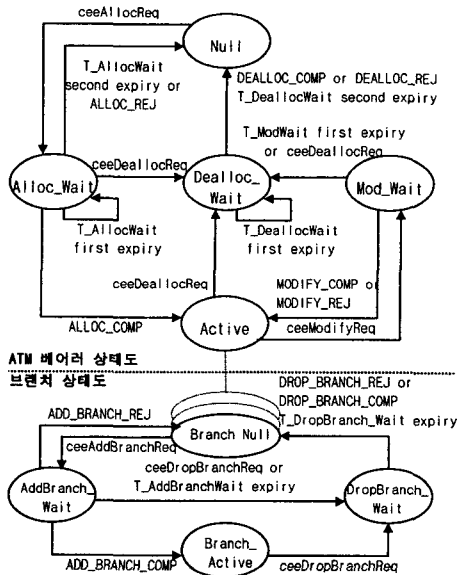
### 3.1 B-ANCC 프로토콜

B-BCC 프로토콜은 ATM 전달 능력[7]에 구분 없이 연결 설정 단계에서는 <그림 2>의 Setting\_Up, AllocComp\_Wait 상태, 연결의 수정 단계에서는 <그림 3>의 Modifying, ModComp\_Wait 상태들을 항상 수행하도록 하고 있다. ATM 전달 능력 중에서 POTS, 화상 회의 등의 서비스에서 요구되는 CBR(Constant Bit Rate) 전달 능력은 연결 설정 단계에서의 트래픽 파라미터 협상과 연결 설정이 완료된 상태에서의 수정 및 협상 기능을 요구하지 않는다. 그러므로 CBR 전달 능력을 요구하는

ATM 연결의 설정 시에 <그림 2>의 Setting\_Up과 AllocComp\_Wait 상태는 필요하지 않다. 또한 일부 응용 서비스의 경우에는 설정이 완료된 연결의 트래픽 파라미터들에 대한 수정을 허용하면서 협상은 허용하지 않을 수도 있다. 이러한 응용의 경우에는 <그림 3>의 Modifying과 ModComp\_Wait 상태가 필요하지 않다.

B-ANCC 프로토콜에서는 ATM의 전달 능력별로 발생하는 연결의 협상 및 수정 절차에 대하여 유연하게 대처하도록, VB5 인터페이스의 연결 제어 프로토콜에 대한 상태도를 <그림 5>와 같이 단순화하였다.

B-ANCC에서는 연결 설정의 협상 단계에서 발생하는 B-BCC의 Setting\_Up 및 AllocComp\_Wait 상태와, 수정 및 협상 단계에서 발생하는 B-BCC의 Modifying, ModComp\_Wait 상태를 ATM 베어러 연결의 수정 요구 및 응답을 위한 Mod\_Wait 상태로 단일화하였다. 연결의 설정 및 진행 중에 Mod\_Wait 상태는 ATM 베어러 연결의 특성에 의하여 CBR 전달 능력과 같이 발생하지 않을 수도 있으며, VBR(Variable Bit Rate) 전달 능력과 같이 한번 이상 발생할 수도 있다. 점대다중점 연결에서 브랜치의 추가 및 삭제는 ATM 베어러 연결의 Active 상태에서 수행이 된다[6].



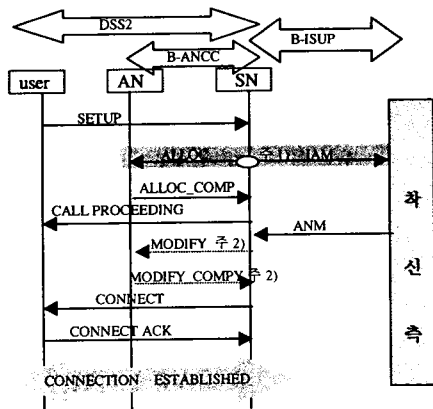
<그림 5> B-ANCC의 베어러 연결 및 브랜치의 SN 상태도

### 3.2 B-ANCC 프로토콜 기반의 병렬형 연동 모델

B-BCC 프로토콜에 정의되어 있는 자동 폭주 제어 (ACC : Automatic Congestion Control)[5]는 액세스 망에서 발생한 자원의 폭주 및 해제 상태를 SN에게 통보하는 기능이다. AN의 자원은 사용자 포트, 서비스 포트, VPCI와 VCI, 연결에 할당된 대역폭 등을 말한다. AN은 자원의 폭주가 발생하면 남은 자원의 양에 따라 레벨 1, 2로 나누어 폭주를 선언한 뒤, SN으로 보내는 각 응답 메시지에 폭주 레벨을 포함시켜 SN에게 통보한다. 따라서 SN은 AN의 자원 상태에 따라 연결 설정 요청의 수를 조절하며, 연결 설정 수락이 가능한 상황에서만 AN에게 연결 설정을 요청한다. 이 점에 근거하여 본 논문에서는 VB5.2의 연결 제어 프로토콜과 신호 프로토콜이 병렬형으로 연동하는 모델을 제안한다.

<그림 6>은 VB5.2 인터페이스의 연결 제어 프로토콜로 B-ANCC를 사용한 연결 설정의 병렬형 연동 절차를 나타낸다. <그림 6>에서 프로토콜간에 병렬로 수행되는 부분은 주1)로 표시하였다. 사용자로부터 DSS2의 SETUP 메시지를 수신한 SN은 AN으로 B-ANCC의 ALLOC 메시지를 보내고, 동시에 착신측으로 B-ISUP의 IAM 메시지를 보낸다. 즉 SN은 자동 폭주 제어 절차에 의하여 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 중단간 연결 설정을 완료하게 된다. AN측의 트래픽 수정이 필요한 VBR 연결의 경우 SN은 AN으로 MODIFY 메시지를 보내어 트래픽 수정 절차를 진행한다.

이와 같이 VB5 인터페이스에서 B-BCC의 상태도를 단순화시킨 B-ANCC 프로토콜을 사용하며, 서비스 노드에서 신호 프로토콜과의 연동을 병렬형으로 진행시키는 방식을 사용함으로써, 액세스 망의 도입으로 인한 중단간 연결 설정의 지연을 최소화시킬 수 있다.



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

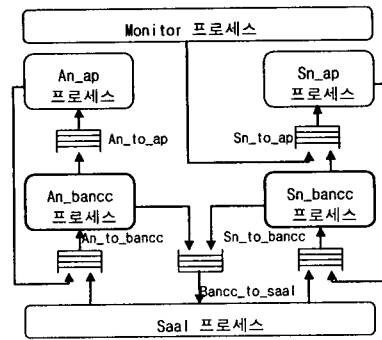
<그림 6> B-ANCC 기반의 병렬형 연동절차

#### 4. B-ANCC 프로토콜의 검증

본 장에서는 3 장에서 제안한 B-ANCC 프로토콜을 설계 언어인 PROMELA(Protocol On Meta Language)[8]로 모델링 한 후에, Bell Lab에서 개발된 자동 도구인 SPIN(Simple Promela Interpreter)[9]을 이용하여 비정상 종료 상황 및 무결성 등을 확인하는 검증에 대하여 기술한다.

##### 4.1 PROMELA 모델링

PROMELA 언어를 이용하여 모델링 하는 경우에, 프로토콜의 프로세스 및 프로세스 간의 통신을 위한 채널을 정의하여야 한다. <그림 7>은 서비스 노드 및 액세스 망의 B-ANCC 프로토콜과 응용 프로세스 및 SAAL 프로토콜의 모델링에 사용된 프로세스 및 통신 채널들의 상호 관계를 나타낸다 [10].



<그림 7> B-ANCC의 PROMELA 모델링

Saal 프로세스는 Sn\_bancc와 An\_bancc 프로세스에서 생성된 B-ANCC 프로토콜 메시지를 Bancc\_to\_saal 채널로 수신하여 목적지로 전달하는 기능을 제공한다. 또한 메시지 손실과 데이터 파괴 등에 의한 프로토콜 오류를 임의로 발생하여 Sn\_bancc 및 An\_bancc 프로세스로 전달한다.

Monitor 프로세스는 프로세스들의 침묵(silence) 시에 <그림 8>과 같이 B-ANCC 프로토콜의 정확성을 검증하며, ATM 베어러 및 브랜치 관련 프리미티브를 생성하도록 Sn\_to\_ap 채널을 통하여 Sn\_ap 프로세스에게 통보한다. 또한 B-ANCC 프로토콜의 타이머 관련 변수를 처리할 수 있도록 Sn\_bancc 프로세스에게 타이머가 경과되었음을 통보하게 된다. PROMELA 언어에서 프로세스들의 침묵은 timeout 문장으로 모델링 된다[8].

```

byte sn_bancc_state, an_bancc_state;
byte sn_br_state, an_br_state;
proctype Monitor()
{
do
:: timeout ->
if
/* correctness check */
:: (sn_bancc_state == Active) ->
assert(an_bancc_state == Active)
:: (sn_branch_state == Branch_Active) ->
assert(an_br_state == Branch_Active)
:: (sn_bancc_state != Active) ->
assert(sn_branch_state == Branch_Null)
:: (an_bancc_state != Active) ->
assert(an_branch_state == Branch_Null)
fi;
atomic
{ Sn_to_ap!BANCC_TIMEOUT_notify;
Sn_to_ap!BANCC_PRIMITIVE_GEN_req }
od
}

```

<그림 8> Monitor 프로세스

비대칭적으로 동작하는 B-ANCC 프로토콜과 응용 프로세스의 모델링을 위하여 Sn\_bancc 및 An\_bancc 프로세스와 Sn\_ap 및 An\_ap 프로세스를 정의하였다. Monitor 프로세스의 요구에 의하여 서비스 노드의 Sn\_ap 프로세스는 ATM 베어러 및 브랜치 관련 프리미티브를 임의로 생성하며, Sn\_bancc 프로세스로 부터 생성된 프리미티브를 수신하는 기능을 수행한다. AN의 An\_ap 프로세스는 SN의 베어러 및 브랜치의 할당과 해제에 요구에 대하여 성공 및 실패의 결과를 임의로 생성하여 반송하는 기능을 수행한다.

```

proctype Sn_bancc()
{
  bit err_flag; byte msg_type, bcc_timer;
  do
  :: Sn_to_bancc?msg_type(err_flag) ->
  if
  :: (msg_type==meeAllocReq) ->
  /* process state and timer */
  Bancc_to_saal!AN,ALLOC
  :: (msg_type==ALLOC_COMP) ->
  /* process state and timer */
  Sn_to_ap!meeAllocConf
  :: ...
  :: (msg_type==BANCC_TIMEOUT_notify) ->
  :: (sn_bancc_state == Alloc_Wait) ->
  if
  :: (bancc_timer == T_AllocWait1st) ->
  bancc_timer = T_AllocWait2nd;
  Bancc_to_saal!AN,ALLOC
  :: (bancc_timer == T_AllocWait2nd) ->
  bancc_timer = STOP;
  sn_bancc_state = Null;
  An_to_ap!meeDeallocConf
  fi;
  :: (sn_bancc_state == Mod_Wait) -> . . .
  :: (sn_bancc_state == Dealloc_Wait) -> . . .
  :: (sn_bancc_state == Active) ->
  /* process branch timer */
  fi;
  fi;
}

```

<그림 9> Sn\_bancc 프로세스

Sn\_bancc 및 An\_bancc 프로세스는 3 장에서 정의한 베어러 및 브랜치 관련 B-ANCC 프로토콜의 절차와 상태 처리를 수행하게 된다. B-ANCC 프로토콜의 비정상 절차는 Saal 프로세스에서 임의로 발생된 프로토콜 오류 및 메시지의 손실에 의하여 수행하게 된다. 프로토콜의 오류는 Sn\_to\_bancc 및 An\_to\_bancc 채널을 통하여 수신되는 메시지의 유형 및 오류 존재 플래그에 의하여 처리되며, 메시지의 손실에 대한 비정상 상황은 모델링된 프로세스들의 침묵 시에 타이머 경과 절차를 수행하게 된다. Monitor 프로세스는 Sn\_ap 프로세스를 경유하여 Sn\_bancc 프로세스에게 침묵 상태를 통보하게 된다. <그림 9>는 Sn\_bancc 프로세스의 절차를 개략적으로 보여준다.

## 4.2 B-ANCC 프로토콜의 검증

SPIN은 프로토콜의 시뮬레이터 및 검증기의 기능을 제공한다. SPIN의 시뮬레이터 기능을 이용함으로써 PROMELA 언어로 모델링된 통신 프로세스 및 채널들이 의도 한대로 수행되는지를 확인할 수 있다. B-ANCC 프로토콜의 각 부분들에 대한 시뮬레이션이 성공적이면 프로토콜의 검증을 수행하게 된다. SPIN 도구는 전체 탐색과 임의 선택에 기반한 부분 제어 탐색을 모두 제공하고 있다. 본 논문에서 제안한 B-ANCC 프로토콜은 SPIN 도구의 도달성 분석 알고리즘을 통하여 생성되는 상태가  $10^6$  개 이상이므로 전체 탐색 방법으로는 검증의 질이 저하되어, SPIN의 부분 제어 탐색 기법인 supertrace mode로 검증을 수행하였다[9].

B-ANCC 프로토콜의 모델링에서 브랜치 관련 상태는 ATM 베어러의 상태에 종속적이며, 액세스망의 상태는 항상 서비스 노드의 상태에 종속되어 유지된다. 이러한 상태들의 무결성을 검증하기 위하여 <그림 8>과 같이 assert 문장을 Monitor 프로세스 내에 사용하였다. PROMELA의 assert 문장은 초기 시스템의 상태 조건이 참이면 모든 도달 가능한 상태에서도 참이어야 하는 시스템 무결성을 체크하기 위하여 사용한다. B-ANCC 프로토콜 상태들의 무결성과 비정상 종료 상황 위주로 검증을 수행한 결과, <그림 10>과 같이 무결성 위반 및 비정상 종료 상황이 검출되지 않음을 확인할 수 있었다.

```

>% spin -a vb52
>% gcc -DBITSTATE -DSAFETY -o run pan.c
>% run* -m30000 -w27
Depth = 20431 States= 1e+06
Transitions= 1.85534e+06 Memory= 34.804
(Spin Version 3.0.2 -- 22 December 1997)
Bit statespace search for:
  never-claim      - (none specified)
  assertion violations +
  cycle checks     - (disabled by -DSAFETY)
  invalid endstates +

State-vector 88 byte,depth reached 20431,errors: 0
1.15012e+06 states, stored
995976 states, matched
2.1461e+06 transitions (= stored+matched)
3636 atomic steps
hash factor: 116.698
(expected coverage: >= 99.9% on avg.)
(max size 2^27 states)

Stats on memory usage (in Megabytes):
105.811 equivalent memory usage for
states (stored*(State-vector + overhead))
33.554 memory used for hash-array (-w27)
0.840 memory used for DFS stack (-m30000)
34.804 total actual memory usage

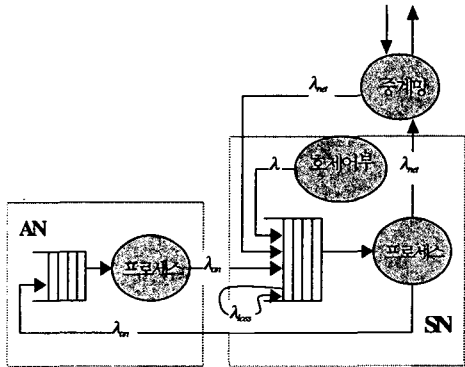
```

<그림 10> B-ANCC 프로토콜의 검증 결과

## 5. 성능 분석

### 5.1 큐잉 모델 및 가정

B-ANCC를 사용한 병렬형 연동 모델의 연결 설정 지연 및 완료비의 성능 분석을 위한 큐잉 모델은 <그림 11>과 같다. 그림의 큐잉 모델은 망이 개방되어 있고 외부에서 트래픽이 도착하므로 Jackson network으로 볼 수도 있으나, 큐의 길이가 유한하기 때문에 Jackson network으로 분석할 수가 없다[11]. 근사적인 방법 중 가장 널리 사용되는 분할법에 의해 그림의 큐잉 모델을 AN과 SN 모델로 분리하였다. 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 이차 트래픽 협상에 의한 수정 요구 메시지의 도착율이  $\lambda$ , 서비스율이  $\mu_s$ 이며 K-1 개의 유한 큐를 갖는 M/M/1/K 모델로 가정한다. AN에는 SN 큐에서 손실되지 않은 메시지가 도착하므로 AN 큐의 메시지 도착율은 SN큐에 비해 작다. 따라서 모델링의 단순화를 위하여 AN은 메시지 손실이 없는 무한 큐를 가진 M/M/1 모델로 가정하고, 중계망은 발신측의 요구에 대한 착신측의 응답 메시지만을 전달하는 것으로 가정하였다. 또한 메시지의 전달 지연은 무시하며, 국간 중계망 및 착신 가입자 망에서의 메시지 손실은 없다고 가정하였다.



<그림 11> 큐잉 모델

### 5.2 큐잉 모델 분석

SN 큐의 손실 확률이  $P_{sn}$ 인 경우 호 제어부로부터

오는 연결 설정 요구 및 이차 트래픽 협상을 위한 수정 요구 메시지 중, SN 큐에서 손실되지 않은 메시지가 SN 프로세스를 거쳐서 AN 및 중계망에 전달된다.  $\lambda_{an}$ 은 연결 설정 및 이차 트래픽 협상을 위해 보낸 ALLOC 및 MODIFY 메시지가 SN 큐에서 손실되지 않고 AN에 도달하는 도착율이며,  $\lambda_{net}$ 은 IAM 또는 이차 협상 요구를 위한 신호 메시지가 중계망에 도달하는 도착율이다. 따라서  $\lambda_{an}$ 과  $\lambda_{net}$ 의 초기 값은  $\lambda(1-P_{sn})$ 이다. AN과 중계망에서의 메시지 손실은 없다고 가정하였으므로, 이 메시지들은 각각 AN과 중계망에서 처리되어 해당 응답이  $\lambda_{an}$ 과  $\lambda_{net}$ 의 도착율로 SN 큐에 도착된다. 이 때의 SN 큐의 메시지 도착율은 식(1)과 같다.

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

AN과 중계망으로부터 오는 연결 설정에 대한 응답 메시지, 즉 ALLOC\_COMP와 ANM 메시지가 SN 큐에서 손실될 경우 재설정이 요구된다. 연결 설정 또는 이차 트래픽 협상을 위한 수정 요구 메시지의 도착율 중, 연결 설정에 대한 응답 메시지의 손실 시에만 재설정을 요구하므로, AN과 중계망으로 보내기 위한 재설정 요구 메시지의 도착율은 각각 식(2), (3)과 같다. 따라서 SN의 전체 메시지 도착율  $\lambda_{sn}$ 은  $\lambda$ ,  $\lambda_{an}$ ,  $\lambda_{net}$ ,  $\lambda_{lan}$  그리고  $\lambda_{l.net}$ 의 합으로 식(4)와 같이 계산된다. 식 (2)와 (3)에서  $P_{sn}$ 은 식(1)에 의한 SN 큐의 메시지 도착율에 대한 손실 확률이며,  $P_{m.an}$ 과  $P_{m.net}$ 은 이차 트래픽 파라미터의 협상을 위하여 SN의 호 제어부에서 AN 및 중계망으로 수정을 요구할 확률이다.

$$\lambda_{l.an} = \frac{\lambda_{an} P_{sn}}{(1 + P_{m.an})} \quad (2)$$

$$\lambda_{l.net} = \frac{\lambda_{net} P_{sn}}{(1 + P_{m.net})} \quad (3)$$

$$(\lambda_{sn} = \lambda + \lambda_{an} + \lambda_{net} + \lambda_{l.an} + \lambda_{l.net}) \quad (4)$$

재설정 시도에 의해 SN 큐의 도착율  $\lambda_{sn}$ 이 증가되므로  $\lambda_{sn}$ 이 변화가 아주 작은 값을 갖을 때까지 다음과 같은 5단계를 반복한다.

(a)  $\lambda_{sn}$ 을  $\lambda_{o.sn}$ 으로 저장한다.

(b) 호 제어부로부터 오는 연결 설정 요구 및 이차 트래픽 협상을 위한 수정 요구 메시지, 그리고 재설정 요구 메시지 중 SN 큐에서 손실되지 않은 메시지가 AN과 중계망에 도달하므로, AN의 도착율은 식 (5), 중계망의 도착율은 식 (6)

이 된다. 식 (5), (6)의 메시지 손실확률  $P_{sn}$ 은 식 (4)에 의한  $\lambda_{sn}$ 에 대한 손실확률이다.

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

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

- (c) 호 제어부, AN, 중계망으로부터 SN 큐에 도착되는 메시지의 도착율은 식 (5), (6)에 의한  $\lambda_{an}$ ,  $\lambda_{net}$ 의 값을 식 (1)에 대입하여 구한다.
- (d) 식 (1)에 의한  $\lambda_{sn}$ 에 대한 손실확률에 의해 AN으로부터 온 ALLOC\_COMP 응답 메시지 또는 중계망으로부터 오는 ANM 메시지가 손실될 경우, 각각 식 (2), (3)에 의해 재전송이 요구되며, 이때의 재전송을 고려한 SN 큐의 메시지 도착율  $\lambda_{sn}$ 은 식 (4)에 의해 구해진다.
- (e)  $\lambda_{o, sn}$ 과 새로 구한  $\lambda_{sn}$ 의 차이가 매우 작은 값을 갖는  $\epsilon$  이하가 되면  $\lambda_{sn}$ 과 그때의  $P_{sn}$ 을 SN 큐의 도착율과 손실 확률로 결정한다.  $\lambda_{o, sn}$ 과  $\lambda_{sn}$ 과의 차가  $\epsilon$  이상이면 위의 5단계를 반복한다.

결정된  $\lambda_{sn}$  중에서 손실되지 않고 SN 프로세스에서 실제로 처리되는 유효 도착율  $\lambda_{sn, eff}$ 는  $\lambda_{sn}(1 - P_{sn})$ 이며, SN 큐의 평균 메시지 개수를  $N_{sn}$ 이라고 할 때, SN 큐에서의 평균 대기 시간은 Little's law[11]에 의하여 식 (7)과 같다. SN의 유효 도착율은 연결 설정 및 수정 요구 메시지와 그 요구 메시지에 대한 AN과 중계망으로부터 오는 응답 메시지로 구성되고 SN 큐의 요구 메시지가 AN 큐에 도착된다. 따라서 AN의 메시지 도착율  $\lambda_{an}$ 은  $\lambda_{sn, eff}$ 의 약 1/3에 해당되며, AN 큐에서의 평균 대기 시간  $W_{an}$ 은 Little's law에 의해 식 (8)과 같다.

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

$$W_{an} = \frac{1}{\mu_a(1 - \rho_{an})} \quad (8)$$

호 제어부로부터 수신한 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( $D_{setup}$ )[12]으로 정의한다. SN에서 중계망으로 IAM을 보낸 뒤 발신측 SN에 ANM 메시지가 도착할 때까지의 시간을  $D_{net}$ 으로 표시할 때, B-ANCC를 사용한 병렬형 연동 모델의 연결 설정 지연은 식 (9)와 같다.

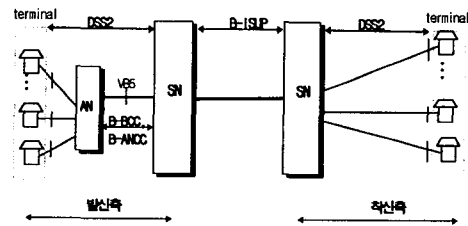
$$D_{setup} = 2(1 + P_{m, an} + P_{m, net})W_{sn} + P_{m, an}W_{an} + (1 + P_{m, net})D_{net} \quad (9)$$

AN, 중계망, 착신측에서의 메시지 손실은 없다고 가정하였으므로 연결 설정 완료비는 SN 큐의 메시지 손실 상태에만 의존한다. 연결 설정은 연결 설정 요구 메시지, ALLOC\_COMP 및 ANM 메시지, 재설정 요구에 의한 ALLOC\_COMP 및 ANM 메시지, 그리고 이차 트래픽 협상에 관련된 수정 요구 및 응답 메시지가 손실되지 않아야 연결 설정이 완료된다. 이를 고려한 B-ANCC 기반의 병렬형 연동 모델에 대한 연결 설정 완료비는 식 (10)과 같다. 식 (10)에서  $X$ 는  $1 - P_{sn}$ 의 값을 표시한다.

$$P_{com} = \frac{X^3(1 + XP_{sn})^2(1 - P_{m, an} - P_{m, net}) + P_{m, an} + P_{m, net}}{X^2} \quad (10)$$

### 5.3 시뮬레이션 및 고찰

본 절에서는 CBR 전달 능력을 요구하는 호가 70%, VBR 전달 능력을 요구하는 호가 30%로 혼합되어 입력되는 경우, 큐잉 모델의 분석을 통해 나온 수식과 시뮬레이션에 의한 연결 설정 지연 및 완료비에 대한 결과를 그래프로 표시하고 분석한다. <그림 12>는 B-BCC 기반의 순차형 연동 모델과 B-ANCC 기반의 병렬형 연동 모델에 대한 시뮬레이션을 위한 망 구성을 보여준다. 발신측은 SN, AN 그리고 가입자 터미널로 구성되고 국간 중계망을 거쳐 착신측에는 SN과 가입자 터미널로 이루어 졌다. 발신측의 VB5 인터페이스에 B-BCC 또는 B-ANCC 프로토콜이 사용되며 SN에서 순차형 또는 병렬형 연동 기능이 수행된다.



<그림 12> 시뮬레이션을 위한 망 구성

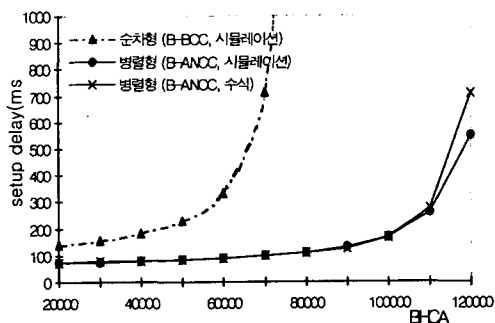
<그림 13>은 사용자로부터 유입되는 연결 설정 요구(BHCA: Busy Hour Call/Connection Attempts)를 증가시키는 경우에 수식 및 시뮬레이션을 통한 B-ANCC 기반 병렬형 연동 모델의 연결 설정 지연 결과와 시뮬레이션에 의한 B-BCC 기반 순차형 연동 모델의 지연 결과를 보여준다. 연결 설정 지연을 구하는 데 있어서 AN과 중계망으로 보내는 트래픽 파



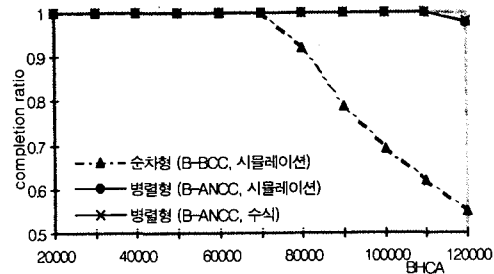
라미터의 수정 요구 확률은 RACE MAGIC 프로젝트[12]의 결과에 따라 VBR 전달 능력을 요구하는 연결의 30%가 트래픽 수정 요청을 하는 것으로 적용하였다. 또 SN에서 중계망으로 IAM 메시지를 보낸 후 ANM을 받을 때까지의 지연을 나타내는  $D_{net}$ 을 92ms로 하였으며, 큐잉 모델 분석에서 사용된  $\epsilon$ 의 값을 0.001로 하였다.

B-ANCC 기반 병렬형 연동 모델의 연결 설정 지연이 B-BCC 기반 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 요구하는 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, 응답이 올 때까지 기다린 다음에 착신측 SN으로 연결 설정 요청을 수행하고, 모든 입력 호들에 대하여 동일한 절차를 수행하는 B-BCC 프로토콜을 사용하므로 연결 지연이 크다. 분석 결과 연결 지연 면에서 B-ANCC를 사용한 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.

B-ANCC 기반의 병렬형 결과에 있어서 110,000 BHCA 이상에서는 수식에 의한 연결 설정 지연 결과가 시뮬레이션 결과 보다 높게 나타나고 있다. 시뮬레이션에서는 손실 시에 한번만 재설정을 요구하는 조건으로 수행하였으나[5], 수식에서는 AN 및 중계망으로부터 오는 ALLOC\_COMP 및 ANM 메시지 손실 시에 무한정 반복하여 재설정을 요구하는 조건으로 분석하였기 때문에, 분석 방법에 의한 차이에 의해 메시지 손실 확률이 높은 상황에서는 수식과 시뮬레이션의 결과가 차이가 나고 있다.



<그림 13> 연결 설정 지연



<그림 14> 연결 설정 완료비

SN으로 유입되는 연결 설정 요구를 증가시켰을 때 순차형 연동 모델 및 병렬형 연동 모델의 연결 설정 완료비에 대한 수식 및 시뮬레이션 결과는 <그림 14>와 같다. VB5.2 인터페이스의 연결 제어 프로토콜로 절차상 메시지 수가 적은 B-ANCC를 사용한 모델이 B-BCC를 사용한 모델보다 연결 설정 완료비가 높게 나타나고 있다. B-ANCC를 사용한 병렬형 연동 모델은 B-BCC를 사용한 순차형 연동 모델에 비해 70,000 BHCA까지는 완료비가 동일하지만 그 이상에서는 약 30% 향상되었다.

## 6. 결론

ITU-T의 SG 13은 액세스 망과 서비스 노드 사이에서 ATM 연결의 동적인 설정 및 해제를 위하여 B-BCC 프로토콜을 표준화하고 있다. ITU-T에서는 종단간 연결 제어를 위하여 B-BCC 프로토콜이 신호 프로토콜과 순차형 방식으로 연동되는 모델을 채택하고 있다. 본 논문에서는 액세스망의 도입으로 인한 연결 제어의 지연을 최소화하기 위하여 B-ANCC 프로토콜을 제안하였다. B-ANCC 프로토콜은 B-BCC의 연결 설정 및 수정과 관련된 상태를 단순화시킨 프로토콜이다. 또한 본 논문에서는 종단간 연결 제어를 위하여 B-ANCC 프로토콜이 신호 프로토콜과 병렬형 방식으로 연동되는 모델을 제안하였다.

본 논문에서 제안한 B-ANCC 프로토콜의 정확성을 확인하기 위하여 PROMELA 언어로 모델링 하였으며, Bell Lab에서 개발된 SPIN의 검증기를 이용하여 B-ANCC 프로토콜 상태들의 무결성과 비정상 종료 상황 위주로 검증을 수행한 결과 무결성 위반 및 비정상 종료 상황이 검출되지 않음을 확인할 수 있었다. 또한 큐잉 모델 분석과 시뮬레이션을 통하여 B-BCC 기반의 순차형 연동 모델과

B-ANCC 기반의 병렬형 연동 모델에 대한 연결 설정 지연 및 완료비에 대한 비교, 분석을 수행하였다. VB5.2 인터페이스의 연결 제어 프로토콜로 B-BCC 대신 B-ANCC를 사용하고 병렬형 연동 방식을 사용함으로써, 연결 설정 지연과 완료비 모두를 향상시킬 수 있음을 알 수 있었다.

향후 연구로는 VB5.2 인터페이스의 연결 제어 프로토콜 기능 중, 자동 폭주 제어 기능과 연결 설정 완료비의 관계를 분석하고자 한다.

### 참 고 문 헌

- [1] Koichi Asatani, "Access Network Architectural Issues for Future Telecommunication Networks," IEEE Communications Magazine, August 1998.
- [2] ITU-T Recommendation Q.2931, "B-ISDN DSS2 UNI Layer3 Specification," October 1994.
- [3] ITU-T Recommendation Q.2764, "B-ISDN SS No.7 B-ISUP Basic Call Procedures," December 1999.
- [4] M A hale, A T Gillespie, K A James, "The VB5 interface," BT Technol J, Vol.16, No.2, April 1998.
- [5] ITU-T Recommendation G.967.2, "V-Interfaces at the Service Node : VB5.2 Reference Point Specification," February 1999.
- [6] Young-Wook Cha, Young-hwa Kim, Jun-kyun Choi, Ki-June Han, "Baseline Text for B-BCC Protocol," ITU-T SG 13 Delay Contribution D.444(WP 3/13), September 1997.
- [7] ITU-T Recommendation I.371, "Traffic Control and Congestion Control," August 1996.
- [8] G.J.Holzmann, "Design and Validation of Computer Protocols," Prentice Hall, 1996.
- [9] G.J.Holzmann, "The Model Checker SPIN," IEEE Trans. Software Engineering, Vol. 23, No.5, May 1997.
- [10] 차영욱, 최준균, 한기준, "광대역 액세스 망을 위한 연결 제어 프로토콜의 설계 및 검증," 정보과학회논문지 (A), 제25권, 제10호, October 1998.
- [11] Arnold O. Allen, "Probability, Statistics, and Queuing Theory," Academic Press Inc., 1990.
- [12] RACEII project R2044 MAGIC Report, "B-ISDN Signalling Performance Issues and Analysis," January 1995.



#### 차 영 욱

1987년 경북대학교 전자공학과 졸업(학사).  
1992년 충남대학교 계산통계학과 졸업(석사).  
1998년 경북대학교 컴퓨터공학과 졸업(박사).  
1987년 ~ 1999년 한국전자통신연구원 선임 연구원.

1999년 ~ 현재 안동대학교 컴퓨터공학과 전임 강사.  
관심분야는 ATM, 광 인터넷, 개방형 통신망



#### 김 춘 화

1988년 전남대학교 전자통계학과 졸업(학사).  
1992년 충남대학교 전자계산학과 졸업(석사).  
1988년 ~ 1995년 한국전자통신연구원 연구원.  
2000년 8월 경북대학교 컴퓨터공학과 졸업 (박사).

관심분야는 네트워크 프로토콜, 광대역 액세스 망, 트래픽 제어.

#### 한 기 준

1979년 서울대학교 전기공학과 졸업(학사).  
1981년 한국과학기술원 전기공학과 졸업 (석사).

1985년 University for Arizona 전기 및 전산 공학과 졸업(석사).

1987년 University for Arizona 전기 및 전산공학과 졸업(박사).

1981 ~ 1984년 국방과학연구소 연구원.

1988년 ~ 현재 경북대학교 컴퓨터공학과 교수.

관심분야는 전산망 프로토콜, 멀티미디어 통신망, B-ISDN, MAN/LAN, 분산 처리 임..