

VB5.2 인터페이스의 연결 제어를 위한 순차형 및 병렬형 연동 방식의 성능 분석

김 춘 희[†] · 차 영 옥^{**} · 한 기 준^{***}

요 약

B-ISDN 환경에서 액세스 망은 다양한 유형의 가입자들을 서비스 노드로 집선하는 기능을 수행한다. 종단간 ATM 연결의 설정을 위하여 액세스 망의 연결 제어 프로토콜과 신호 프로토콜간의 연동 기능이 필요하다. 이러한 연동 기능은 연동 방식에 따라 순차형 연동 방식과 병렬형 연동 방식이 있다. 순차형 방식에서는 각 프로토콜의 연동이 순차적인 방식으로 진행되며, 병렬형 방식은 광대역 액세스 망의 도입으로 인한 연결 설정 지연을 최소화하기 위하여 각 프로토콜의 연동 절차가 병렬형으로 진행된다. 본 논문에서는 CBR과 VBR 전달 능력을 요구하는 호들이 혼합되어 입력될 때, 큐잉 모델 분석 및 시뮬레이션을 통하여 연결 설정 지연 및 완료비에 대한 두 방식의 비교 및 분석을 수행하였다. 큐잉 모델 분석 및 시뮬레이션 결과 병렬형 연동 방식과 순차형 연동 방식의 연결 설정 완료비는 거의 동일하며, 연결 설정 지연 면에서 병렬형 연동 방식이 순차형 방식에 비해 약 33% 향상되었다.

Performance Analysis of Sequential and Parallel Interworking Model for Connection Control of VB5.2 Interface

Choon-Hee Kim[†] · Young-Wook Cha^{**} · Ki-Jun Han^{***}

ABSTRACT

A broadband access network in B-ISDN subscriber network, plays a role of concentration or multiplexing of various subscribers into a service node. To establish an end-to-end ATM connection, interworking functions between VB5.2 interface's connection 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 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. In this paper, we analyze and simulate above two interworking models in terms of a connection setup delay and completion ratio, when call requests with CBR and VBR transfer capability arrive at the service node. We observed that the completion ratios of the two interworking models are quite closed. However the connection setup delay of parallel interworking model is improved by about 33% compared with that of the sequential interworking model.

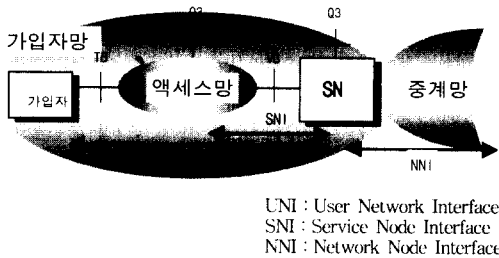
1. 서 론

B-ISDN(Broadband Integrated Services Digital

Network)의 액세스 망(AN : Access Network)은 단국 교환기, 전용 회선 노드, 방송 서비스, VOD(Video On Demand) 서버 등과 같은 다양한 서비스 노드(SN : Service Node)들에게 가입자들의 서비스 요구를 통합 시켜 주며, 또한 이질적인 여러 SN들로부터 유입되는 트래픽들을 역다중화하여 해당 가입자로 분배하는 기

[†] 정 회 원 : 안동대학교 시간강사
^{**} 정 회 원 : 안동대학교 컴퓨터공학과 교수
^{***} 정 회 원 : 경북대학교 컴퓨터공학과 교수
논문접수 : 2000년 4월 20일, 심사완료 : 2000년 9월 14일

능을 수행한다[1]. 액세스 망은 가입자와 SN을 연결하는 통신구간인 가입자 망 내에 도입되었으며, 가입자 망은 단국 교환기와 중계 노드, 또는 중계 노드들 사이의 연결 구간인 국간 중계망에 연결된다. 이에 대한 참조 모델은 (그림 1)과 같으며, 가입자 망의 신호 및 호 처리를 위한 프로토콜로는 DSS2(Digital Subscriber Signalling System No.2)[2]가 정의되어 있고, 국간 중계망에서는 B-ISUP(Broadband ISDN Signalling User Part)[3]가 표준화되어 있다.



(그림 1) 가입자 망의 참조 모델

액세스 망과 서비스 노드 사이에 정의된 VB5 인터페이스는 액세스 망의 자원 할당 기능을 수행하는 방식에 따라 VB5.1과 VB5.2 인터페이스로 나뉘어 표준화가 진행되고 있다. VB5.1 인터페이스는 TMN(Telecommunication Management Network)의 Q3 인터페이스를 통하여 정적으로 수행하며, VB5.2는 연결 제어 프로토콜을 이용하여 동적으로 연결 제어 및 자원 할당을 수행한다. AN과 SN 사이의 VB5.2 인터페이스에서 ATM 가상 연결들을 동적으로 제어하기 위한 프로토콜로는 B-BCC(Broadband Bearer Connection Control)[4]과 B-ANCC(Broadband Access Network Connection Control)[5]이 있다.

전송 시스템 전 구간의 연결 제어를 위하여 각 구간마다 서로 다른 프로토콜간의 연동 기능이 필요하며, 이 기능은 가입자 망에서 국간 중계망으로 연결되는 창구인 SN에서 수행된다. ITU-T에서는 액세스 망의 연결 제어 프로토콜이 가입자 망의 DSS2, 국간망의 B-ISUP과 순차형 방식으로 연동되는 모델을 제안하였다. 이 모델에서는 각 프로토콜의 절차가 순차형 방식으로 연동된다[4]. 그리고 [6]에서는 액세스 망에서 연결 제어 프로토콜의 사용에 따른 지연을 최소화하기 위하여 VB5.2 인터페이스의 연결 제어 프로토콜과 DSS2와 B-ISUP 프로토콜간의 연동을 병렬형으로 수행하는 모델을 제안하였다.

본 논문에서는 CBR(Constant Bit Rate)과 VBR(Variable Bit Rate) 전달 능력을 요구하는 연결들이 혼합되어 입력되는 상황에서, 연결 설정 지연과 완료비 면에서 순차형 연동 방식과 병렬형 연동 방식의 연결 설정 지연 및 완료비에 대한 성능 분석을 수행하였다. 연동 방식에 따른 성능 비교를 위하여 두 연동 방식 모두에 VB5.2의 연결 제어 프로토콜로는 연결 설정 지연 및 완료비 면에서 성능이 우수한 B-ANCC를 적용하였다.

본 논문의 2장에서는 관련 연구로서 VB5.2 인터페이스의 연결 제어 프로토콜인 B-ANCC에 대하여 기술한다. 3장에서는 VB5.2 인터페이스의 프로토콜로 B-ANCC를 이용한 순차형 연동 방식과 병렬형 연동 방식에 관하여 기술하며, 4장에서는 CBR과 VBR 전달 능력을 요구하는 연결들이 혼합되어 입력되는 상황에서 수행한 두 연동 방식의 큐잉 모델 분석 및 시뮬레이션 결과를 기술한다. 끝으로 5장에서는 본 논문의 결론과 향후 연구 방향을 기술한다.

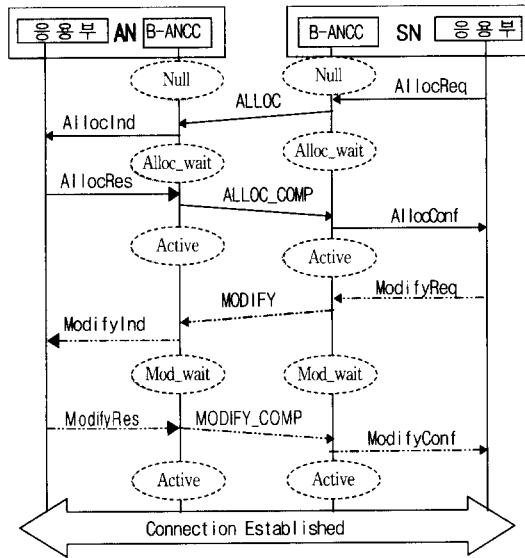
2. VB5.2 인터페이스의 연결 제어 프로토콜

VB5.2 인터페이스의 연결 제어 프로토콜에서는 AN과 SN 사이의 ATM 베리어 연결의 설정과 트래픽 파라미터 협상, 연결의 해제, 트래픽 파라미터의 수정, 프로토콜의 재시동, 자동 폭주 제어, 프로토콜 오류 통보 기능 등을 수행한다. 연결 제어 프로토콜에 의한 동적인 연결 제어를 함으로써 자원의 효율적인 사용과 효과적인 트래픽 제어가 가능하지만 연결 제어 시의 지연이 커진다. B-ANCC 프로토콜은 ITU-T에서 현재 표준화가 진행되고 있는 B-BCC 프로토콜의 절차를 개선시켜 연결 지연을 최소화시킨 연결 제어 프로토콜이다[5].

B-ANCC 프로토콜에서 연결 설정을 위하여 SN과 AN 사이에 주고받는 메시지 및 상태는 (그림2)와 같다. SN의 B-ANCC 프로토콜 엔티티는 동적으로 자원을 할당하는 주체가 되며, AN의 B-ANCC 프로토콜 엔티티는 SN의 요구에 대하여 이를 협상하여 수용하거나 거절할 수 있다.

SN은 연결 설정을 위하여 ALLOC 메시지를 AN으로 보내면, AN에서는 ALLOC 메시지에 포함된 트래픽 파라미터에 대하여 일차 트래픽 협상을 수행한다. 연결을 수용할 수 있는 경우 AN은 SN으로 ALLOC_COMP를 보내고 AN과 SN 사이에는 이때의 트래픽

파라미터 값에 의해 자원 할당이 이루어진다. SN은 국간 중계망 또는 가입자 망에 할당된 트래픽 파라미터의 값과 액세스 망에서 설정하였던 연결의 트래픽 파라미터 값을 비교한다. 액세스 망의 수정이 필요한 경우 SN은 MODIFY 메시지를 보내어 트래픽 수정 요청을 한다. AN은 이차 트래픽 파라미터 협상 과정을 수행하여 통신할 트래픽 파라미터 값을 결정한 뒤 수정이 가능하면 MODIFY_COMP 메시지를 SN에 보내어 연결 설정을 완료한다.



(그림 2) B-ANCC를 이용한 ATM 연결 설정 절차

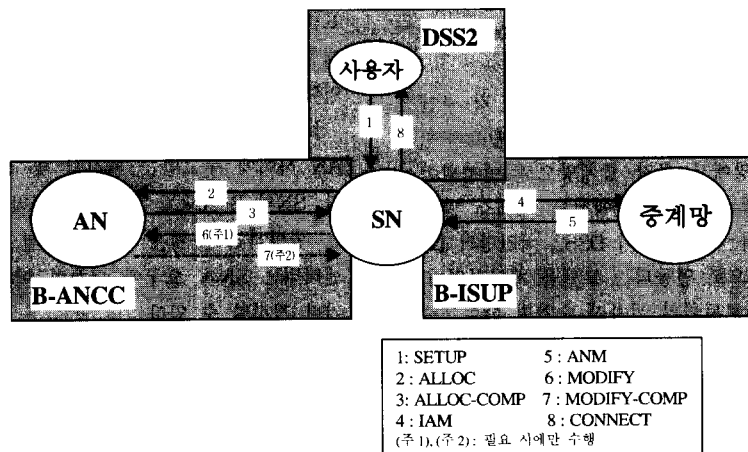
3. 연결 제어 프로토콜들의 연동 방식

가입자 망의 DSS2 프로토콜, 중계망의 B-ISUP 프로토콜, VB5.2 인터페이스의 B-ANCC 프로토콜들 사이의 연결 제어를 위한 연동 기능은 SN의 호 제어부에서 수행된다.

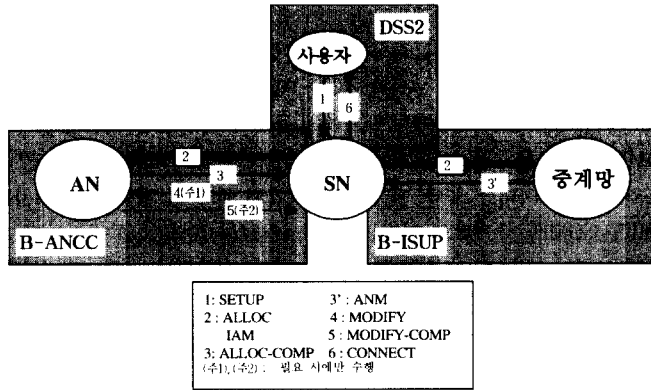
3.1 순차형 연동 방식

ITU-T SG 13에서 제안된 순차형 연동 방식은 SN에서 각 프로토콜의 연동 기능 수행 시 이전 프로토콜로부터 응답이 올 때까지 기다린 후 다음 프로토콜을 진행하는 방식으로 동작한다[4]. 중단간 연결 설정을 위한 연동 절차와 메시지는 (그림 3)과 같으며, 그림에서 사용된 번호는 연동되는 메시지가 수행되는 순서를 나타낸다.

SN은 연결 설정을 요구하는 DSS2의 SETUP 메시지를 받으면, AN으로 ALLOC 메시지를 보내어 AN으로부터 ALLOC_COMP 응답이 수신되면 착신측 사용자와 연결 설정을 위하여 중계망으로 B-ISUP의 IAM (Initial Address Message) 메시지를 보낸다. 착신측 SN은 착신측의 연결 설정을 진행한 후, 발신측 SN으로 B-ISUP의 ANM(Answer Message)을 보낸다. ANM을 수신한 발신측 SN은 자국 AN의 자원 할당 상태와 착신측의 트래픽 협상 결과를 비교하여 양측이 일치하면 사용자에게 CONNECT 메시지를 보내어 연결 설정을 종료한다. SN은 AN과 이차 트래픽 협상이 필요하면 MODIFY와 MODIFY_COMP 메시지를 이용하여 협상



(그림 3) 순차형 연동 절차



(그림 4) 병렬형 연동 절차

한 후 발신측 사용자에게 DSS2의 CONNECT 메시지를 보냄으로서 연결 설정이 완료된다.

순차형 연동 방식은 발신측 액세스 망으로부터 연결 설정이 수락될 때까지 기다린 후 착신측으로 연결 설정 요청을 하게 되므로 연결 지연이 생긴다. 즉 연결을 설정하기 위하여 발신측 SN은 자국 AN에 ALLOC 메시지를 보낸 뒤 ALLOC_ACC 응답 메시지를 받은 다음에 B-ISUP의 IAM 메시지를 착신측으로 보내게 되므로 연결 지연이 길어진다.

3.2 병렬형 연동 방식

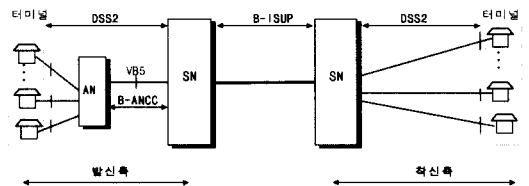
병렬형 방식은 순차형 방식의 연결 지연을 개선시키기 위하여 [6]에서 제안된 연동 방식이다. SN은 B-ANCC 프로토콜의 자동 폭주 제어 절차에 의하여 통보 받은 AN 자원의 상태에 따라 연결 수락 응답이 올 것으로 예상될 때만 AN으로 연결 설정 요청을 할 수 있다. 그러므로 AN으로부터 응답 메시지가 올 때까지 기다리지 않고 AN과 동시에 중계망으로 연결 설정 요청 메시지를 보낸다. (그림 4)는 중단간 연결 설정을 위하여 DSS2, B-ANCC, B-ISUP 프로토콜들이 병렬형으로 연동되는 메시지 및 절차를 나타낸다.

(그림 4)에서 SN이 병렬로 연동을 수행하는 부분은 2번으로 AN과 중계망에 동시에 연결 설정 요구 메시지를 보낸다. 사용자로부터 SETUP 메시지를 수신한 SN은 AN으로 B-ANCC의 ALLOC 메시지를 보낸 뒤, AN이 보내는 ALLOC_COMP를 기다리지 않고 바로 중계망으로 B-ISUP의 IAM 메시지를 보낸다. 발신측 SN은 중계망으로부터 ANM을 받고, 자국 AN으로부터 ALLOC_COMP 메시지를 받아 자국 AN의 응답과

착신측 응답을 비교한다. AN과 이차 트래픽 협상이 필요하지 않으면 중단간 연결 설정을 완료하게 되고, AN의 트래픽 파라미터의 수정이 필요하다면 AN으로 수정 요구 메시지를 보내어 AN과 이차 트래픽 협상을 진행한 후 중단간 연결 설정을 완료한다.

4. 성능 분석

본 절에서는 순차형 연동 방식과 병렬형 연동 방식의 연결 설정 지연 및 완료비에 대한 큐잉 모델 분석과 시뮬레이션 결과를 기술한다. (그림 5)는 두 연동 방식의 성능 분석을 위한 망 구성도이다. 그림에서 DSS2, B-ANCC, B-ISUP 프로토콜간의 순차형 및 병렬형 연동 기능은 발신측 SN에서 수행된다.



(그림 5) 성능 분석을 위한 망 구성

4.1 큐잉 모델 및 가정

순차형 및 병렬형 연동 방식의 연결 설정 지연 및 완료비에 대한 성능 분석을 위한 큐잉 모델은 (그림 6)과 같다. SN 큐의 손실 확률을 P_l 이라고 할 때, 호 제어부로부터 SETUP과 2차 트래픽 협상을 위한 수정 요구 메시지가 SN 큐에 도착된다. SETUP 메시지가 SN 큐에서 손실되지 않으면, ALLOC과 IAM 메시지

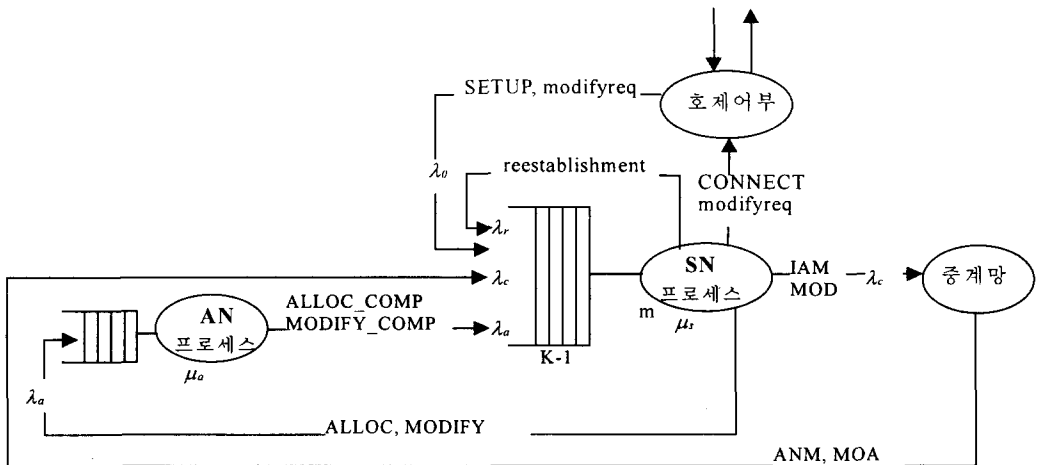
가 각각 AN과 중계망으로 전달된다. AN과 중계망으로 보내기 위한 수정 요구 메시지가 SN 큐에서 손실되지 않으면, MODIFY와 MOD 메시지가 각각 AN과 중계망에 전달된다. SETUP에 대하여 AN과 중계망으로부터 각각 ALLOC_COMP와 ANM 응답 메시지가 SN 큐에 도달한다. 연결 수정 요구에 대한 응답 메시지 즉 AN으로부터 MODIFY_COMP, 중계망으로부터 MOA 메시지가 SN 큐에 도달한다. ALLOC_COMP 또는 ANM 메시지가 SN 큐에서 손실되면, 재설정 요구가 SN 프로세스에 의해서 유발되어 SN 큐에 도달한다. 그러므로 SN 큐에는 호 제어부로부터 연결 설정 및 수정 요구 메시지, SN 프로세스로부터 재설정 요구 메시지, 그리고 AN과 중계망으로부터 응답 메시지가 도착된다. SN은 AN과 중계망으로부터 각각 ALLOC_COMP와 ANM 메시지를 받은 뒤, 연결 수정 절차가 필요하면 호 제어부로 수정 요구를 보낸다. 수정 절차가 필요치 않으면 SN은 호 제어부에 CONNECT 메시지를 보내고 연결 설정이 완료된다.

근사적인 방법 중 가장 널리 사용되는 분할법에 의해 (그림 6)의 큐잉 모델을 AN과 SN 모델로 분리하였다. 호 제어부로부터 연결 설정 요구 및 이차 협상을 위한 수정 요구 메시지의 도착율은 포아송 분포, 각 메시지에 대한 처리 시간은 지수 분포로 가정하였다. 호 제어부로부터 연결 설정 및 수정 요구 메시지가 λ_0 의 도착율로 SN 큐에 도착된 후 손실되지 않은 요구 메시지가 AN과 중계망에 각각 λ_a 와 λ_c 의 도착

율로 도착된다. 또한 SN 큐에는 AN 및 중계망으로부터 오는 응답 메시지가 각각 λ_a 와 λ_c 의 도착율로 도착되고, AN과 중계망으로부터 온 응답 메시지가 SN 큐에서 손실되면 재설정 요구 메시지가 각각 λ_m , λ_{rc} 의 도착율로 도달한다. 따라서 SN은 전체 도착율이 λ_s 이고, 서비스율이 μ_s 이며 K-1 개의 유한 큐를 갖는 M/M/1/K 모델로 가정한다. AN과 중계망에는 SN 큐에서 손실되지 않은 요구 메시지가 도착한다. AN과 중계망의 메시지 도착율은 SN에 비해 작으므로 AN과 중계망에서는 메시지 손실이 발생되지 않는다. 따라서 AN은 메시지의 도착율이 λ_a 이고, 평균 서비스율이 μ_a 인 M/M/1 모델로 가정하고, 중계망은 발신측의 요구에 대한 착신측 SN 및 터미널의 응답 메시지만을 전달하는 것으로 가정하였다. 또한 메시지의 전달 지연은 무시하며, 착신측 SN 및 터미널 노드에서의 신호 메시지 처리 시간은 HAN-BISDN 테스트 베드에 의해 측정된 46ms로 가정하였다[7]. 그리고 (그림 5)에 의해 AN으로의 연결 수정 요구 확률은 전체 수정 요구율의 1/3, 착신측 가입자망에는 두 노드가 있으므로 중계망으로 보내는 수정 요구율은 전체 수정 요구율의 2/3로 가정하였다.

5.2 큐잉 모델 분석

주어진 시간 t 동안에 호 제어부로부터 연결 설정 및 수정 요구를 위한 k 개의 메시지가 SN 큐에 도착할 확률은 식 (1)과 같다.



(그림 6) 큐잉 모델

$$P_k(t) = e^{-\lambda_0 t} \frac{(\lambda_0 t)^k}{k!} \quad (1)$$

t 동안 호 제어부로부터 오는 연결 설정 요구 메시지의 도착율을 q , 이 중 VBR 전달 능력을 요구하는 연결의 도착율을 s , 그리고 s 중에서 연결 수정이 발생할 확률을 α 라고 할 때, 전체 연결 설정 요구 중 수정이 발생할 확률은 식 (2)와 같으며, 가정에 의해 AN과 중계망으로 보내는 수정 확률은 각각 식(3), 식(4)와 같다.

$$P_m = \frac{s}{q} \alpha \quad (2)$$

$$P_{ma} = \frac{P_m}{3} = \frac{s}{3q} \alpha \quad (3)$$

$$P_{mc} = \frac{2P_m}{3} = \frac{2s}{3q} \alpha \quad (4)$$

호 제어부로부터 SN 큐에 도착하는 메시지의 도착율 λ_0 는 식 (5)와 같이 쓸 수 있다.

$$\lambda_0 = \frac{q + q P_m}{q + s \alpha} \quad (5)$$

호 제어부로부터 SN큐에 도달하여 손실되지 않은 연결 설정 및 수정 요구 메시지에 대하여 SN은 AN과 중계망에 요구 메시지를 보낸다. 식(5)의 도착율에 대한 메시지 손실 확률이 P_l 일 때, 해당 메시지가 AN과 중계망에 도착하는 메시지의 도착율은 각각 식(6), 식(7)과 같다.

$$\lambda_a = \lambda_0(1 - P_l) \quad (6)$$

$$\lambda_c = \lambda_0(1 - P_l) \quad (7)$$

AN과 중계망에서의 손실은 없다고 가정하였기 때문에 AN과 중계망으로부터 응답 메시지가 각각 λ_a 와 λ_c 의 도착율로 SN 큐에 도착된다. 그러므로 SN 큐의 메시지 도착율 λ_s 는 식(8)과 같다.

$$\lambda_s = \lambda_0 + \lambda_a + \lambda_c \quad (8)$$

AN과 중계망으로부터 오는 연결 설정에 대한 응답 메시지가 SN 큐에서 손실될 경우 재설정이 요구된다. AN 또는 중계망으로부터 연결 설정과 수정 요구에 대한 응답 메시지의 도착율 중, 연결 설정에 대한 응답 메시지의 손실 시에만 재설정을 요구한다. 식(8)의 도

착율에 대한 SN큐의 메시지 손실확률이 P_l 일 때, AN과 중계망으로 보내기 위한 재설정 요구 메시지의 도착율은 각각 식(9), 식(10)과 같다. 따라서 SN의 전체 메시지 도착율 λ_s 는 λ_0 , λ_a , λ_c , λ_{ra} 그리고 λ_{rc} 의 합으로 식(11)과 같이 계산된다.

$$\lambda_{ra} = \frac{q}{q + q P_{ma}} P_l \lambda_a = \frac{3q}{2q + \lambda_0} P_l \lambda_a \quad (9)$$

$$\lambda_{rc} = \frac{q}{q + q P_{mc}} P_l \lambda_c = \frac{3q}{q + 2\lambda_0} P_l \lambda_c \quad (10)$$

$$\lambda_s = \lambda_0 + \lambda_a + \lambda_c + \lambda_{ra} + \lambda_{rc} \quad (11)$$

재설정 시도에 의해 SN 큐의 도착율 λ_s 가 변화되므로 λ_s 의 변화가 아주 작아 질 때까지 다음과 같은 4단계를 반복한다.

- (a) λ_s 을 $\lambda_{o,s}$ 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 (12), 중계망의 도착율은 식 (13)이 된다. 식 (12), (13)의 메시지 손실 확률 P_l 은 식 (11)의 λ_s 에 대한 손실 확률이다. 호 제어부로부터 요구 메시지와 식 (12), (13)의 도착율에 대하여 각각 AN, 중계망으로부터 응답 메시지가 SN 큐에 도착되는 메시지의 도착율 λ_s 는 식 (14)에 의해 구해진다.

$$\lambda_a = (\lambda_0 + \lambda_{ra})(1 - P_l) \quad (12)$$

$$\lambda_c = (\lambda_0 + \lambda_{rc})(1 - P_l) \quad (13)$$

$$\lambda_s = \lambda_0 + \lambda_a + \lambda_c \quad (14)$$

- (c) 식 (14)의 λ_s 에 대한 손실 확률 P_l 에 의해 AN으로부터 온 응답 메시지 또는 중계망으로부터 오는 응답 메시지가 손실될 경우, AN과 중계망에 대한 재전송율은 각각 식 (15), (16)에 의해 계산된다. 재전송을 고려한 SN 큐의 메시지 도착율 λ_s 는 식 (17)에 의해 구해진다.

$$\lambda_{ra} = \frac{3q}{2q + \lambda_0} P_l \lambda_a \quad (15)$$

$$\lambda_{rc} = \frac{3q}{q + 2\lambda_0} P_l \lambda_c \quad (16)$$

$$\lambda_s = \lambda_0 + \lambda_a + \lambda_c + \lambda_{ra} + \lambda_{rc} \quad (17)$$

(d) $\lambda_{o,s}$ 와 식 (17)에 의해 새로 구한 λ_s 의 차이가 매우 작은 값을 갖는 ϵ 이하가 되면 λ_s 와 식 (17)의 λ_s 에 의한 손실 확률 P_l 을 SN 큐의 도착율과 손실 확률로 결정한다. $\lambda_{o,s}$ 와 λ_s 와의 차가 ϵ 이상이면 위의 4단계를 반복한다.

결정된 λ_s 중에서 손실되지 않고 SN 프로세스에서 실제로 처리되는 유효 도착율 λ_{es} 는 식 (18)과 같이 정의된다.

$$\lambda_{es} = \lambda_s(1 - P_l) \tag{18}$$

SN의 평균 메시지 개수를 N_s 라고 할 때, N_s 는 M/M/1/K 모델의 정의에 의해 구할 수 있으며, SN에서의 평균 대기 시간은 Little's law에 의하여 식 (19)와 같다[8].

$$W_s = \frac{N_s}{\lambda_{es}} \tag{19}$$

SN 프로세스의 유효 도착율은 연결 설정 및 수정 요구 메시지들과 그 요구 메시지들에 대한 AN과 중계망으로부터 오는 응답 메시지들로 구성된다. SN 프로세스에 도달하는 메시지들 중에서 요구 메시지들만이 AN과 중계망에 도착된다. 따라서 AN의 메시지 도착율 λ_a 는 λ_{es} 의 약 1/3에 해당되므로 AN의 처리율 ρ_a 는 식 (20)과 같이 구해진다. 따라서 AN에서의 평균 대기 시간 W_a 는 M/M/1 모델의 정의에 의해 식 (21)과 같다.

$$\rho_a = \frac{\lambda_{es}}{3\mu_a} \tag{20}$$

$$W_a = \frac{1}{\mu_a(1 - \rho_a)} \tag{21}$$

4.3 연결 설정 지연 및 완료비

호 제어부로부터 수신한 연결 설정 요구 메시지가 발신측 SN 큐에 도달한 후, 자국 액세스 망, 중계망, 그리고 착신측에서 연결 설정이 완료되어 발신측 SN이 사용자에게 CONNECT 메시지를 보낼 때까지의 시간을 연결 설정 지연(D_{setup})[9]으로 정의한다. SN에서 중계망으로 IAM을 보낸 뒤 발신측 SN에 ANM 메시지가 도착할 때까지의 시간을 D_c 로 표시할 때, 순차형 연동 방식의 연결 설정 지연은 식 (22)와 같다.

$$\begin{aligned} D_{setup} &= W_{SETUP} + W_{ALLOC} + W_{ALLOC-COMP} + W_{ANM} + D_c \\ &\quad + P_{ma}(W_{modifyreq} + W_{MODIFY} + W_{MOD-COMP}) \\ &\quad + P_{mc}(W_{modifyreq} + W_{MOA} + D_c) \\ &= (3 + 2P_{ma} + 2P_{mc})W_s + (1 + P_{ma})W_a + (1 + P_{mc})D_c \end{aligned} \tag{22}$$

병렬형 연동 방식에서는 AN과 중계망으로의 연결 설정 절차를 동시에 수행하므로 중계망으로 IAM을 보낸 뒤 ANM을 받을 동안, 즉 D_c 동안 AN에서의 연결 설정 절차가 병렬로 진행된다. 따라서 병렬형 연동 방식의 연결 설정 지연은 식 (23)과 같다.

$$\begin{aligned} D_{setup} &= W_{SETUP} + W_{ANM} + D_c \\ &\quad + P_{ma}(W_{modifyreq} + W_{MODIFY} + W_{MOD-COMP}) \\ &\quad + P_{mc}(W_{modifyreq} + W_{MOA} + D_c) \\ &= 2(1 + P_{ma} + P_{mc})W_s + P_{ma}W_a + P_{mc}D_c \end{aligned} \tag{23}$$

AN, 중계망에서의 메시지 손실은 없다고 가정하였으므로 연결 설정 완료비는 SN 큐의 메시지 손실 상태에만 의존한다. 연결 설정 완료비는 연결 수정이 발생하지 않은 연결과 수정이 발생하는 연결로 구분하여 분석한다. 연결 수정이 발생되지 않는 연결은 SETUP, ALLOC_COMP와 ANM 메시지가 모두 SN 큐에서 손실되지 않거나 ALLOC_COMP 또는 ANM이 손실되거나, 또는 둘 다 손실될 경우, 재설정 요구 메시지, ALLOC_COMP 또는 ANM 메시지가 SN 큐에서 손실되지 않을 때 연결이 완료된다. 따라서 $X = 1 - P_l$ 그리고 $Y = P_l$ 이라고 할 때, 연결 수정이 발생되지 않는 연결의 경우 연결 설정이 완료될 확률은 식 (24)와 같다.

$$X^3 + 2X^4Y + X^5Y^2 \tag{24}$$

AN으로 연결 수정이 발생하는 연결에 대해서는 SETUP, ALLOC_COMP, ANM, modifyreq 그리고 MOD_COMP 메시지를 고려하여야 한다. SETUP, ALLOC_COMP, ANM, modifyreq 그리고 MOD_COMP 메시지가 모두 손실되지 않거나, ALLOC_COMP 또는 ANM가 손실되거나, 또는 둘 다 손실될 경우 재설정 요구 메시지와 재전송된 ALLOC_COMP 또는 ANM 메시지가 성공적으로 전달될 때 연결이 완료된다. 중계망으로 연결 수정이 발생하는 연결에 대해서는 SETUP, ALLOC_COMP, ANM, modifyreq 그리고 MOA 메시지가 모두 손실되지 않거나, ALLOC_

COMP 또는 ANM 메시지가 손실되거나, 또는 둘 다 손실되어 재설정 요구 메시지와 재전송된 ALLOC_COMP 또는 ANM 메시지가 성공적으로 전달될 때 연결이 완료된다. 따라서 AN과 중계망으로 연결 수정이 발생하는 연결의 경우 연결 설정이 완료될 확률은 식 (25)와 같다.

$$X^5 + 2X^6Y + X^7Y^2 \tag{25}$$

B-ANCC 기반의 병렬형 및 순차형 연동 방식에서 수행되는 메시지 수는 같으므로 두 방식에 대한 SN 큐의 손실 확률은 같다. 연결 설정 요구 메시지의 도착율이 q 일 때, 주어진 시간 t 동안 발생하는 총 연결 설정 요구의 수는 qt 이므로 병렬형 및 순차형 연동 방식에서 연결 설정 완료비는 식 (26)과 같이 계산된다.

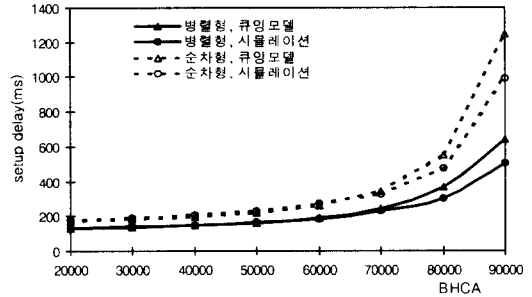
$$P_{com} = [qt(1 - P_{ma} - P_{mc})X^3(1 + 2XY + X^2Y^2) + qt(P_{ma} + P_{mc})X^5(1 + 2XY + X^2Y^2)] / qt = X^3(1 + XY)^2[(1 - P_{ma} - P_{mc}) + (P_{ma} + P_{mc})X^2] \tag{26}$$

4.4 시뮬레이션 및 고찰

본 절에서는 CBR 전달 능력을 요구하는 호가 70%, VBR 전달 능력을 요구하는 호가 30%로 혼합[9]되어 입력되는 경우, 4장 2절의 큐잉 모델 분석을 통해 나온 수식과 시뮬레이션에 의한 연결 설정 지연 및 완료비에 대한 결과를 그래프로 표시하고 분석한다. 시뮬레이션에서 사용된 망 구성은 (그림 5)의 모델을 적용하였으며, 각 메시지의 처리 시간은 HAN-BISDN 테스트 베드에서 측정된 46ms에 기준을 두었다[7]. 시뮬레이션 수행에 있어서 AN과 중계망으로 보내는 트래픽 파라미터의 수정 요구 확률은 VBR 전달 능력을 요구하는 연결의 30%가 트래픽 수정 요청을 하는 것으로 적용하였다. 그러므로 큐잉 모델 분석의 수식에서 사용된 α 를 0.3으로 적용하였다. (그림 5)의 망 구성 모델에 의하면 중계망과 착신측에는 두 개의 노드가 존재하므로, SN에서 중계망으로 IAM 메시지를 보내어 ANM을 받을 때까지의 지연을 나타내는 식 (22), 식(23)의 D_c 을 92ms로 하였으며, 수식에 의한 큐잉 모델 분석에서 사용된 ϵ 의 값을 0.001로 하였다.

(그림 7)은 사용자로부터 유입되는 연결 설정 요구(BHCA : Busy Hour Call/Connection Attempts)를 증가시키는 경우에 수식 및 시뮬레이션을 통한 순차형 및

병렬형 연동 방식의 연결 설정 지연 결과를 보여준다.

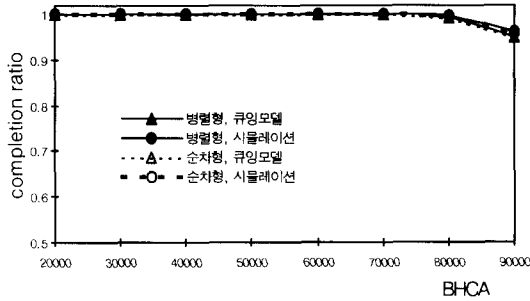


(그림 7) 연결 설정 지연

(그림 7)에 의하면 시뮬레이션을 통한 병렬형 방식의 연결 설정 지연이 순차형 방식보다 평균 33% 향상되었으며, 연결 설정 요청이 증가할 수록 두 방식간의 지연의 차이가 커짐을 알 수 있다. 순차형 연동 방식의 경우 SN은 먼저 AN으로 연결 설정 요청 후, AN에서 응답이 올 때까지 기다린 다음에 중계망으로 연결 설정 요청을 하며, 병렬형 방식에서 SN은 AN과 동시에 상대측으로 연결 설정 요청을 한다. 그러므로 순차형 방식의 지연이 병렬형 방식에 비해 길게 나타난다. 또한 두 연동 방식에 결과가 있어서 80,000 BHCA 이상에서는 수식에 의한 연결 설정 지연 결과가 시뮬레이션 결과 보다 높게 나타나고 있다. 시뮬레이션에서는 ALLOC_COMP 및 ANM 메시지 손실 시에 한번만 재설정을 요구하는 조건으로 수행하였으나 큐잉 모델 분석에서는 재설정 요구에 의한 SN 큐의 도착율의 변화가 ϵ 이하가 될 때까지 반복하여 재설정을 요구하는 조건으로 분석하였기 때문에 분석 방법에 의한 차이에 의해 메시지 손실 확률이 높은 상황에서는 수식의 결과와 시뮬레이션 결과가 차이가 나고 있다.

SN으로 유입되는 연결 설정 요구를 증가시키는 경우에 순차형 및 병렬형 연동 방식의 큐잉 모델 분석 및 시뮬레이션에 의한 완료비는 병렬형 및 순차형 연동 방식에서 SN 큐로 입력되는 메시지 수가 같으므로 동일하게 나타났다. 그리고 (그림 7)의 연결 설정 지연이 늘어나기 시작하는 80,000BHCA 지점에서부터 메시지 손실 확률이 증가하고, 완료비가 감소하기 시작하였다. 완료비에서도 큐잉 모델 분석의 결과와 시뮬레이션 결과가 약간의 차이가 발생하는데 큐잉 모델 분석에서

는 메시지 손실이 발생하는 시점에서는 메시지의 도착율과 메시지 손실 확률이 높아져서 큐잉 모델 분석에 의한 연결 완료비가 시뮬레이션 결과보다 약간 낮게 나타난 것으로 분석된다.



(그림 8) 연결 설정 완료비

5. 결 론

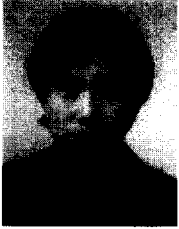
ITU-T에서는 액세스 망과 서비스 노드 사이의 연결 제어 프로토콜과 가입자 망의 DSS2 및 국간 망의 B-ISUP 신호 프로토콜에 대한 연동을 위하여 순차형 방식을 제시하고 있다. 순차형 연동 방식은 연동되는 각 프로토콜의 절차가 순차적으로 진행되므로 연결 설정 지연이 크다. 순차형 연동 방식의 연결 설정 지연을 개선시키기 위하여, SN에서 신호 프로토콜과 VB5 인터페이스의 연결 제어 프로토콜이 병렬형으로 연동되는 방식이 [6]에서 제안되었다.

본 논문에서는 CBR과 VBR 전달 능력을 요구하는 호들이 혼합되어 입력되는 상황에서, 순차형 연동 방식과 병렬형 연동 방식의 성능을 연결 설정 지연과 완료비 면에서 분석하였다. 본 논문에서 수행한 시뮬레이션 및 성능 분석에서 병렬형 연동 방식과 순차형 연동 방식의 연결 설정 완료비는 거의 동일하며, 연결 설정 지연 면에서 병렬형 연동 방식이 순차형 방식에 비해 약 33% 향상되었다. 향후 연구로는 여러 개의 SN이 동일한 AN에 연결되는 망 구성에 있어서 연동 기능 수행에 관한 성능 분석을 수행할 예정이다.

참 고 문 헌

[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] ITU-T Recommendation Q.2764, "B-ISDN SS No.7 B-ISUP Basic Call Procedures," December 1999.
 [4] Draft ITU-T NEW Recommendation G.967.2, "V-INTERFACE AT THE SERVICE NODE(SN) VB 5.2 REFERENCE POINT SPECIFICATION," March 1998.
 [5] 차영욱, 최준균, 한기준, "광대역 액세스 망을 위한 연결 제어 프로토콜의 설계 및 검증," *정보과학회논문지(A)*, 제25권, 제10호, pp.1132-1142, 1998. 10.
 [6] 김춘희, 차영욱, 김재근, 한기준, "광대역 액세스 망을 위한 연결 제어 프로토콜의 병렬형 연동 모델과 성능 분석," *정보과학회논문지(A)*, 제26권, 제12호, pp. 1529-1538, 1999년 12월.
 [7] H. J. Kim, D. J. Yang, J. W. Park, H. K. Ryu, "The Estimation of Call Processing Performance on ATM Network Test-bed," *Proc. JCCI*, pp. 8-12, Apr. 1998.
 [8] Joseph L. Hammond, Peter J. P. O'Reilly, 'Performance Analysis of Local Computer Networks', Addison-Wesley.
 [9] RACEII project R2044 MAGIC Report, "B-ISDN Signalling Performance Issues and Analysis," January 1995.
 [10] ITU-T Recommendation Q.542, "DIGITAL EXCHANGE DESIGN OBJECTIVES OPERATIONS AND MAINTENANCE," March 1993.
 [11] M A hale, A T Gillespie, K A James, "The VB5 interface," *BT Technol J*, Vol.16, No.2, April 1998.
 [12] ITU-T Recommendation Q.2961, "BROADBAND INTEGRATED SERVICES DIGITAL NETWORK (B-ISDN) DIGITAL SUBSCRIBER SIGNALLING SYSTEM No. 2(DSS2) ADDITIONAL TRAFFIC PARAMETERS," October 1995.
 [13] ITU-T Recommendation Q.2650, "BROADBAND-ISDN INTERWORKING BETWEEN SIGNALING SYSTEM No. 7 BROADBAND ISDN USER SIGNALLING PART(B-ISUP) AND DIGITAL SUBSCRIBER SIGNALLING SYSTEM No.2 (DSS2)," February 1995.
 [14] ITU-T Recommendation G.902, "Framework recommendation on functional access network(AN)," November 1995.



김 춘 희

e-mail : chkim@netlab.ce.knu.ac.kr
1988년 전남대학교 전산 통계학과
졸업(학사)
1992년 충남대학교 전자계산학과
졸업(석사)
1988년~1995년 한국전자통신연
구원 연구원

2000년 경북대학교 컴퓨터공학과 졸업(박사)
2000년~현재 안동대학교 시간강사
관심분야 : 네트워크 프로토콜, 광대역 액세스 망, 개방형
통신망



차 영 옥

e-mail : ywcha@andong.ac.kr
1987년 경북대학교 전자공학과
졸업(학사)
1992년 충남대학교 계산통계학과
졸업(석사)
1998년 경북대학교 컴퓨터공학과
졸업(박사)

1987년~1999년 한국전자통신연구원 선임연구원
1994년~1996년 ITU-T SG 11, WP5 에디터
1999년~현재 안동대학교 컴퓨터공학과 전임 강사
관심분야 : ATM, 광 인터넷, 개방형 통신망



한 기 준

e-mail : kjhan@kyungpook.ac.kr
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
관심분야 : 전산망 프로토콜, 멀티미디어 통신망,
B-ISDN, MAN/LAN, 분산 처리