

B-ISDN SSCOP의 성능 분석

正會員 張 性 喆* 正會員 閔 祥 元* 正會員 鄭 海*
正會員 殷 鍾 官* 正會員 金 容 震**

Performance Analysis of the SSCOP in B-ISDN

Sung Cheol Chang*, Sang Won Min*, Hae Chung*,
Chong Kwan Un*, Yong Jin Kim** *Regular Members*

要 約

ITU-TSS에서는 최근 B-ISDN의 신호 전송을 위하여 service specific connection oriented protocol (SSCOP)을 권고하였다. SSCOP에서는 오류 제어 및 흐름 제어를 위하여 주기적으로 상태 정보를 교환한다. 본 논문에서는 SSCOP를 end-to-end인 경우와 link-by-link인 경우로 나누어 이산 대기 모델로 분석하였다. 메시지의 에러율, 트래픽 부하, 상태 정보의 교환주기 등의 영향을 고려하여 성능 측정값으로써 지연시간, 수신단 버퍼 크기, 그리고 전송 효율의 평균값을 구하고 성능 분석의 결과를 검증하기 위하여 시뮬레이션을 수행하였다.

ABSTRACT

Recently, ITU-TSS recommends a service specific connection oriented protocol (SSCOP) which assures the successful transmission of signalling information for B-ISDN. In the SSCOP, there is a mechanism to exchange periodically status informations for both error and flow controls. In this paper, we analyze the SSCOP with a discrete-time queueing model. We consider two cases for link-by-link and end-to-end controls. As the performance measures, we investigate delay, throughput, and buffer size of the receiver. The average values of these measures are analyzed with respect to the loss probability of messages, the traffic load, and the exchange period of status information. We also verify the accuracy of this model with simulations.

I. 서 론

ITU-TSS에서는 broadband integrated services digital network (B-ISDN)의 전송 방식으로써 asynchronous transfer mode (ATM) 기술을 표준으로 채택하고 있다[1]. B-ISDN 프로토콜 구조에서 ATM

* 韓國科學技術院

KAIST

** 韓國電子通信研究所

ETRI

論文番號: 93251

接受日字: 1993年 12月 20日

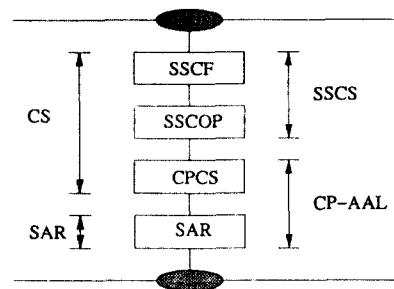
계층은 전송만을 담당하기 때문에 ATM adaptaion layer (AAL)가 정보의 전송을 보장한다. ITU-T SG 11에서는 AAL에서 보장 전송을 이루는 부분인 service specific connection oriented protocol (SSCOP)에 대한 표준화 작업을 진행중에 있다[2]. 주기적으로 상태 정보를 교환하는 SSCOP는 에러가 발생한 메시지에 대하여 선택적으로 재전송을 요구하고, 버퍼의 관리를 위하여 흐름제어를 수행한다. SSCOP는 아직 성능분석이 이론적으로 되지 않은 상태이고 다만 시뮬레이션에 의해서 연구되었다[16].

보장 전송을 담당하는 프로토콜은 연결의 설정, 해제 기능과 더불어 오류 및 흐름 제어 기능을 갖는다. 기존의 오류 제어는 저속망에 대하여 연구되었고, 최근 이 방법들을 기초로 고속망 및 B-ISDN에 적합한 오류 제어 방법에 대한 연구가 활발히 진행중이다 [7-9][16]. 저속망은 일반적으로 go-back-N 방법이 적합하지만 B-ISDN과 고속망에서는 효율을 고려할 때 selective repeat (SR) 방식이 적합하다. 선택적인 재전송은 정보의 순서를 흐트리므로 이를 올바르게 하기위하여 수신단에서는 지연 시간과 버퍼를 갖는다[9][14-15]. 한편 망의 전송 속도가 고속화되면서 각 노드에서 처리 부하를 줄이기 위한 연구가 수행되었다[11-13].

본 논문은 B-ISDN에서 정보의 보장 전송 기능을 갖는 SSCOP의 특성을 고찰하고, 오류동작의 관점에서 전송 시간 및 버퍼 크기등에 관한 성능 분석을 수행하였다. 제 2장에서는 SSCOP의 상태변수 및 오류 제어, 흐름 제어등에 관하여 기술하고 제 3장에서는 이에 대한 분석 모델을 제시하여 지연시간, 수신단 버퍼크기의 평균을 구한다. 제 4장에서는 시뮬레이션으로 본 논문에서 도출한 성능 분석 결과를 검증하고 마지막 장에서는 결론을 맺기로 한다.

II. SSCOP의 특성

B-ISDN에서 AAL은 상위 계층 서비스의 접속과 보장 전송을 담당한다. 데이터의 전송을 위한 AAL의 구조는 그림 1과 같고 이는 common part (CP)-AAL과 service specific CS (SSCS)로 구분된다. B-ISDN 신호 프로토콜의 전송을 위하여 ITU-T SG 11에서는 SSCS계층에 해당하는 Q.SAAL을 권고하였다. Q.SAAL의 한 부분으로 정의되는 SSCOP는 상대방 SSCOP와 연결을 설정하여 보장 전송을 담당하는 end-to-end 프로토콜이다. User network inter-



SSCF : service specific coordination function
 SSCOP : service specific connection oriented protocol
 CPCS : common part CS
 SAR : segmentation and reassembly
 CS : convergence sublayer
 SSCS : service specific CS
 CP-AAL : common part AAL

그림 1. S-AAL 구조
 Fig. 1. Structure of the S-AAL.

face (UNI)/network network interface (NNI)에서 상위 계층의 기능이 필요한 신호 프로토콜에서는 SSCOP가 UNI/NNI에서 peer-to-peer로 존재하며, 사용자 정보를 전송할 때는 단말에 SSCOP가 존재한다. SSCOP는 폴링(polling)을 주기적으로 하여 상태 정보를 교환하고 에러가 발생하였을 때 선택적인 재전송을 요구한다. 번호를 갖는 폴링에 의하여 중복되는 재전송이 방지되고, 각 노드의 처리부하가 감소되므로 SSCOP는 고속 전송망에 적합하다.

2.1 메시지 및 상태 변수

SSCOP는 연결형 프로토콜이므로 정보 전송 기능뿐만 아니라 연결 설정, 해제 기능까지 13개의 메시지와 10개의 상태변수를 갖는 복잡한 프로토콜이다[2]. 사용자 정보 전송을 위한 sequenced data(SD), 수신된 SD에 오류가 있다고 판단하였을 때 발생하는 unsolicited status(USTAT), 송신 측에서 주기적으로 발생하여 수신단의 정보를 요구하는 POLL, 수신된 SD에 대한 ACK 및 새로운 credit 등 수신단 정보를 전송하는 solicited status(STAT), 그리고 POLL의 기능을 갖는 SDP PDU등으로 메시지를 분류할 수 있다. 메시지들을 주고 받기 위한 상태변수로써 송신단은 다음에 전송할 SD의 순번을 갖는 VT(S), 최근에 보낸 POLL의 순서 번호를 갖고 있는 VT(P)등을 갖고 있으며, 수신단은 순서에 맞게 들어오는 다음 SD를 가리키는 VR(R), 순서는 상관없이 가장 받을

가능성이 있는 SD를 나타내는 VR(H)등을 갖고 있다. VT(S)는 SD가 전송된 이후에 증가되고, VT(P)는 POLL이 전송되기 전에 증가되어 다음 POLL이 전송될 때까지 현재 전송된 POLL 순번을 갖고 있다. 에러가 발생하지 않을 경우에는 수신단의 두 상태 변수가 동일한 값을 갖고 증가되나, 에러가 발생된 경우에 VR(R)는 에러가 발생된 SD를 가르키고 VR(H)는 가장 최근에 받은 SD의 다음 순번을 갖는 SD를 가르킨다. 그러므로 SD에 에러가 있을 때는 VR(R) 순번을 갖는 SD부터 VR(H)-1 순번의 SD까지가 수신단 버퍼에 저장되어 있다. 살펴본 상태변수들은 메시지의 역할에 따라서 필요한 값들이 필드에 실려서 상대방으로 전송된다. 예로써 SD메세지는 VT(S)값을 전송하는 N(S)필드를 갖고 있으며, POLL과 STAT는 VT(PS)값을 갖는 N(PS)필드를 갖고 있다.

2.2 오류 제어 및 흐름 제어

잘못된 순번의 SD를 받은 수신단의 SSCOP는 송신단으로 USTAT를 전송하여 재전송을 요구하고 이 시간 이후에 수신한 메세지들은 버퍼에 저장한다. 즉, 수신된 SD가 VR(H)보다 큰 순번을 갖을 때는 오류가 발생하였다고 판단하고 USTAT를 통해서 VR(H)의 순번을 갖는 SD부터 SR ARQ를 이용하여 재전송을 요구한다. USTAT나 한번 재 전송된 SD가 유실될 때는 이후에는 STAT에 의해서 재 전송이 요구되고, 이때 수신단 버퍼에서 에러가 발생한 모든 SD들의 재 전송이 요구된다. POLL에 의해서 수신버퍼가 주기적으로 조사되어 재 전송을 요구하므로 하나의 메세지에 연속적으로 에러가 발생할지라도 결국에는 수신단에 전송되는 것이 보장된다.

버퍼 관리를 위한 정보 교환 역시 USTAT나 STAT를 통하여 이루어져 송수신단 사이의 흐름제어 기능이 수행된다. 송신단 버퍼에는 수신단으로부터 ACK를 받지 못한 SD가 저장되고, 수신단 버퍼에는 이전 메세지에 발생한 에러가 복구가 되지 않아서 순서를 맞추기 위하여 SD가 저장되어 있다. 수신단이 저장하고 있는 SD에 대한 ACK와 남아 있는 버퍼의 양인 credit를 USTAT나 STAT를 통해서 송신단에 전송함으로써 송신단은 우선 확인된 SD에 할당된 버퍼를 제거하며 전송할 SD도 credit의 범위내에서 전송을 수행한다.

송신단에서 SD를 재 전송을 위하여 저장할 때 VT(P)값과 함께 보관한다. 이때 재 전송 요구가 STAT

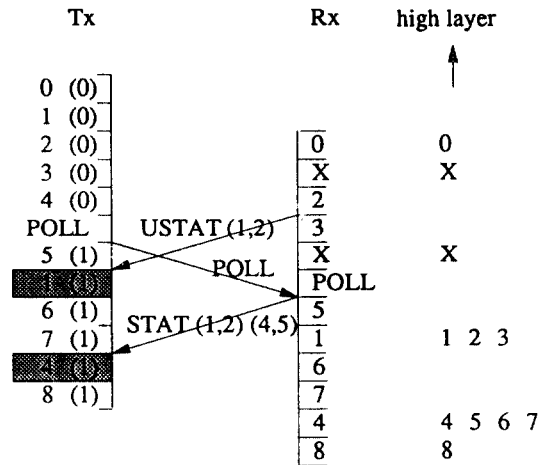


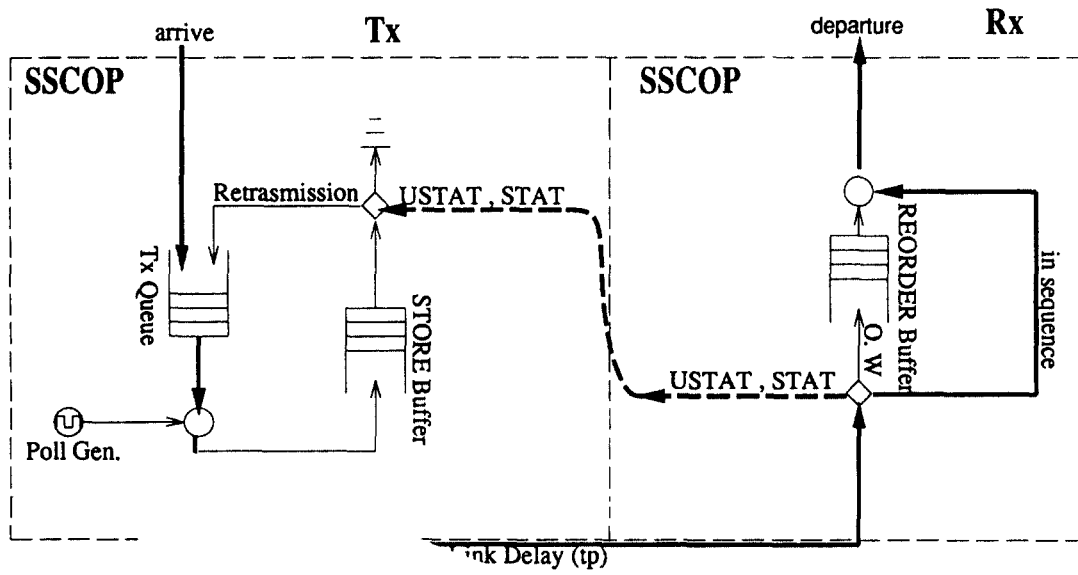
그림 2. USTAT와 STAT가 충돌하는 경우
Fig. 2. Collision between USTAT and STAT.

에 의해서 발생하면 송신단은 STAT의 N(P)와 재전송이 요구된 메세지와 보관된 VT(P)를 비교하여 N(P)가 클 경우에 재 전송을 하고, 재 전송한 메세지는 다시 새로운 VT(P)값을 갖고 저장된다. 그림 2는 USTAT와 STAT가 에러가 발생하는 1번 메세지의 재전송을 동시에 요구하는 경우이다. 이때 USTAT에 의하여 1번 메세지가 재전송되며, STAT가 1번과 4번의 재전송을 요구하나 메세지와 함께 보관된 VT(P)와 STAT의 N(P)가 동일하게 1을 갖기 때문에 4번 메세지만을 전송한다. 따라서 순번을 갖는 POLL을 통하여 불필요한 재전송을 피할 수 있다. POLL의 주기가 작으면 상태정보의 양이 증가하여 상대적으로 전송효율이 감소할 것이고, 크면 오류제어 및 흐름제어에서 나쁜 영향이 나타난다.

III. SSCOP의 성능 분석

3.1 SSCOP 모델

송수신단의 SSCOP에 대한 모델은 그림 3과 같다. 여기서 굵은 실선으로 표시된 부분이 에러가 없는 전송을 나타내고, 굵은 점선으로 표시된 부분은 수신단에서 에러가 있을 때 USTAT, STAT가 송신단으로 전송되는 것을 표현한다. 수신단에서 재 전송을 요구한 다음에 수신한 SD들은 재순서(reorder) 버퍼에 저장되고, 에러가 발생된 메세지가 올바르게 전송되어서야 비로소 상위 계층으로 보내진다. 송신단은 재



전송이 요구된 메시지를 전송 큐(Tx queue)에서 가장 높은 순위로 전송한다. 모델에서 수신단 전송 큐에 도착하는 메시지들은 크기가 1인 지수 분포를 갖고, 도착율이 λ_a 인 Poisson process로 하자. 이때 전송선로의 전파 지연시간은 t_p 의 상수로 고정된다. 그림 3에서는 현실과 유사성을 두기 위해 호(call)의 도착과 유사한 Poisson process를 가정하고, 성능 분석에서는 연속 모델의 Poisson process와 동일하게 memoryless 특징을 갖는 이산 모델의 Bernoulli sequence로 근사화 한다[17]. 이때 SD의 크기와 서비스 시간은 연속 모델의 평균치인 1이고, 임의의 구간에 서비스가 요구될 확률은 $\rho(=\lambda_a)$ 이며 1보다 작은 값을 갖는다.

3.2 수신단 대기 시간

메세지가 수신단에 처음 도착하여 상위계층으로 전달될 때까지의 소요된 시간을 수신단 대기시간이라하고, 이는 자신에게 에러가 발생하였을 때 재 전송을 위해서 필요한 시간과 자신에게 에러가 발생하지 않았을 때 앞 메세지의 에러에 의해서 순서를 기다려야 하는 시간으로 구성된다. 엄밀히 말하면 자신을 포함한 모든 메세지의 영향으로 임의의 특정한 메세지 때문에 겪는 지연시간들의 총합으로 계산이 가능하다.

메세지에 에러가 연속적으로 발생할 때 시간에 따른 메세지의 이동은 그림 4처럼 나타나고, X는 USTAT에 의한 SD가 재 전송될 시간이 지난 후 POLL까지 시간으로 0에서 period_poll(pp)까지의 동일한 분포를 갖는 랜덤 변수이다. 이때 에러 발생횟수 N은 SD 메세지의 에러 확률 p_{sd} 를 파라메타로 하는 geometric 분포를 따르고, 수신단에 처음 도착할 시간이 지나고 난 이후의 시간 t_e 는 N의 함수이며 다음과 같다.

$$t_e(n) = \begin{cases} 0 & n = 0 \\ \tau & n = 1 \\ x + 2\tau + (n-2)pp & n \geq 2 \end{cases} \quad (3.1)$$

여기서 $\tau = 2t_p + 1$, pp는 POLL의 주기를 나타낸다.

임의의 SD, 메세지 A에 n번의 에러가 연속적으로 발생할 때 처음 수신할 시간을 0이라하면 $t_e(n)$ 에서 올바를 메세지 A가 전송되므로 이 사이에 도착한 SD들은 $t_e(n)$ 이 되어서야 비로소 상위계층으로 전송될 수 있다. 메세지 A이후이고, $t_e(n)$ 까지 복구되지 않는 에러가 발생하는 메세지의 위치를 K라 하자. 이

경우 메세지 A에서 K-1까지는 $t_e(n)$ 의 위치에서 상위 계층으로 보내지고, K이후의 메세지는 K위치에 있는 메세지가 복구될 때 상위 계층으로 전송된다. 따라서 메세지 A에서 K-1번째 메세지까지는 에러가 난 메세지 A에 의하여 영향을 받으며, 이때 K는 1에서 $t_e(n)$ 까지 값을 갖게 된다. $t_e(n) - t_e(i)$ 에서 $t_e(n) - t_e(i-1)$ 사이에 있는 k번째 메세지에 연속적으로 i번의 에러가 발생하는 경우에 k번째 메세지는 $t_e(n)$ 의 시간동안에 에러가 복구되지 않는다. 이때 $K=k$ 의 값을 갖기 위하여 k의 위치까지 패킷이 존재하고 복구되지 않는 에러가 발생하는 것을 제외한 경우가 (k-1)번 발생하여야 하고, k번째에 패킷이 존재하고 복구되지 않는 에러가 발생해야 한다. K의 분포는 N의 조건으로 구해지며 다음과 같다.

$$P_{K|N}(k|n) = \begin{cases} \rho * p_{no}(k-1, i) * p_{sd}^i & t_e(n) - t_e(i) \leq k < t_e(n) - t_e(i-1) \\ 1 - \sum_{i=1}^n \frac{t_e(n) - t_e(i-1) - 1}{m - t_e(n) - t_e(i) + 1} \rho * p_{no}(m-1, i) * p_{sd}^i & k = t_e(n) \\ 0 & k = 0 \text{ and } o, w \end{cases} \quad (3.2)$$

$$\text{where } p_{no}(x, i) = \left\{ \prod_{a=i+1}^n [1 - \rho * p_{sd}^a]^{t_e(a) - t_e(a-1)} \right\} * [1 - \rho * p_{sd}^i]^{t_e(i) + x - t_e(n)} \quad (\text{단 } 0 \leq x)$$

이때 에러 발생횟수 N에 대한 k의 조건부 1, 2차 모멘트는 다음과 같다.

$$E[k|n] = \sum_{i=1}^n \frac{t_e(n) - t_e(i-1) - 1}{k - t_e(n) - t_e(i) + 1} (k * P_{K|N}(k|n)) + t_e(n) * \left[1 - \left(\sum_{i=1}^n \frac{t_e(n) - t_e(i-1) - 1}{k - t_e(n) - t_e(i) + 1} P_{K|N}(k|n) \right) \right] \quad (3.3)$$

$$E[k^2|n] = \sum_{i=1}^n \frac{t_e(n) - t_e(i-1) - 1}{k - t_e(n) - t_e(i) + 1} (k^2 * P_{K|N}(k|n)) + t_e(n)^2 * \left[1 - \left(\sum_{i=1}^n \frac{t_e(n) - t_e(i-1) - 1}{k - t_e(n) - t_e(i) + 1} P_{K|N}(k|n) \right) \right]$$

메세지 A에 n번의 에러가 발생하고 k번째에 복구되지 않는 에러가 발생하면 메세지 A에 의해서 i번째 ($k < i$) 메세지는 $(t_e(n) - i) * \rho$ 만큼의 영향을 받는다. 따라서 메세지 A가 에러가 발생하여 다른 메세지에 영향을 주는 지연 시간의 모든 합은 다음과 같다.

$$T_a(n, k) = \sum_{i=0}^{k-1} [t_e(n) - i] * \rho$$

$$= \left[\left[t_e(n) + \frac{1}{2} \right] * k - \frac{k^2}{2} \right] * \rho \quad (3.4)$$

앞에서 설명한바와 같이 메세지 A가 수신단에 도착한 이후에 겪는 대기시간의 평균은 다음과 같다.

$$E[T_a(n, k)] = E\{E[T_a(n, k) | n]\}$$

$$= \sum_{n=1}^{\infty} E[T_a(n, k) | n] * p_{sd}^n * (1 - p_{sd})$$

$$E[T_a(n, k) | n] = \left[\left[t_e(n) + \frac{1}{2} \right] * E[k | n] - \frac{E[k^2 | n]}{2} \right] * \rho \quad (3.5)$$

3.3 평균 지연(delay) 시간, 수신단 버퍼크기, 효율

송신단 상위 계층에서 SSCOP로 서비스를 요구할 때부터 수신단 상위계층으로 SD를 전달할 때까지 시간을 지연시간 T_d 라하고, 이는 송신단 전송 큐에서 겪는 지연시간, 링크의 전송시간, 수신단에서 발생하는 대기시간으로 나눌 수 있다. 송신 큐에서 겪는 지연시간은 M/M/1 모델의 지연시간 $1/(1-\rho)$ 로 나타나서, 결국 평균 지연시간 T_d 는

$$T_d = \frac{1}{1-\rho} + tp + E[T_a(n, k)] \quad (3.6)$$

로 나타낼 수 있다.

Little의 법칙에 의하여 버퍼의 크기는 대기 시간을 도착률로 곱해서 얻어지며 여기서는 수신단 도착률이 ρ 이므로 수신단 평균 버퍼의 크기는 $\rho * E[t_a(n, k)]$ 이다[18]. 효율 v 을 송신단에서 실제로 전송하는 메세지의 양에 대하여 상위 계층이 요구하는 서비스의 양으로 표시할 때, 상위 계층이 요구하는 서비스는 ρ 이며 SSCOP에서는 이외에 $p_{sd} * \rho$ 의 재전송과 $(1-\rho)/pp$ 로 POLL의 전송을 해야하므로, 결국 효율 v 는

$$v = \frac{\rho}{\rho + \rho * p_{sd} + \frac{1-\rho}{pp}} \quad (3.7)$$

로 나타낸다.

지금까지의 성능분석을 적용하여 신호 평면에서 사용될 때 SSCOP의 성능 분석을 살펴보자. 신호기능을 수행하기 위하여 UNI/NNI에서 상위 계층의 기능이 필요하므로 신호 채널을 nh개의 링크로 모델링할 수 있다. 이때 상위 계층의 동작을 하나의 버퍼로 모델링 하고, 링크의 동작이 서로 독립적이라고 두자. 이때 각 링크에서 수신단 버퍼의 크기나 효율은 하나의 링크인 경우와 일치한다. 임의의 메세지에 연속적으로 n번의 에러가 발생하는 경우에 SSCOP는 k개의 SD메세지를 한순간에 상위 계층으로 보내기 때문에 이들은 Poisson process가 아니다. 따라서 상위 계층에 도착하는 메세지에 에러가 없는 경우와 있는 경우로 생각하자. 전자는 지연시간이 $1/(1-\rho)$ 로 표현되고, 후자는 버퍼에서 k개의 SD가 연속적으로 서비스를 받을때 $k(k+1)/2$ 의 지연시간을 겪게된다. 그러므로 상위계층의 버퍼에서 겪는 지연시간을 고려했을 때 결국 $(nh-1)$ 개의 UNI/NNI로 구성된 신호 채널에서 평균 지연시간 T_s 는 다음과 같이 근사화할 수 있다.

$$T_s = T_d * nh + \left(\frac{1}{(1-\rho)} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(E[k | n] + E[k | n]^2)}{2} * (1 - p_{sd}) * p_{sd}^n \right) * (nh - 1) \quad (3.8)$$

IV. 수식 결과 및 검증

End-to-end의 경우에 전파 시간이 5.4ms, SD의 크기는 평균 10 ATM (480 bytes)인 지수 분포일 때, 최후 200개의 SD데이터가 전송선에 있으며 POLL의 주기는 전파 시간의 3배라고 했을 때 결과가 그림 5, 6에 나타나 있다. SD의 에러율 p_{sd} 가 높은 경우에는 지연시간, 수신단 버퍼크기가 급격히 증가되어 수신단이 유한 버퍼를 가지는 상황에서는 적합하지 못하고, p_{sd} 가 작은 경우에는 효율이 $1/(1+p_{sd})$ 에 근사하면서 좋은 성능을 가질 수 있다. 그러나 실제 ATM에서 데이터의 셀 에러율은 10^{-3} 보다 작은 값, 즉 10개의 ATM셀로 구성된 SD메세지의 에러율이 10^{-2}

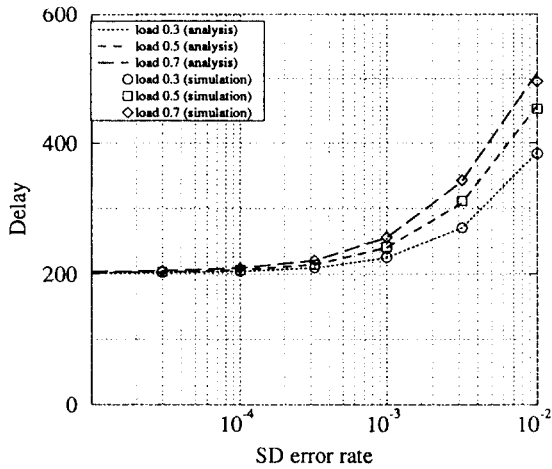


그림 5. SD 에러율에 따른 지연 시간 T_d 의 변화($t_p=200$, $pp=3*t_p$)

Fig. 5. Delay T_d versus SD error rate.

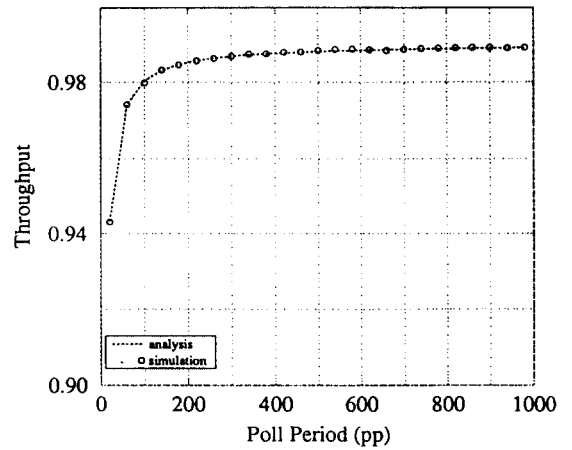


그림 7. pp 의 변화에 따른 전송 효율 ρ ($t_p=200$, $p_{sd}=0.01$, load=0.5)

Fig. 7. Transmission utilization ρ versus poll period.

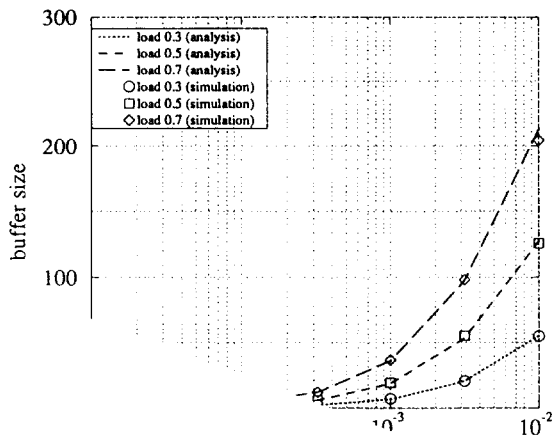
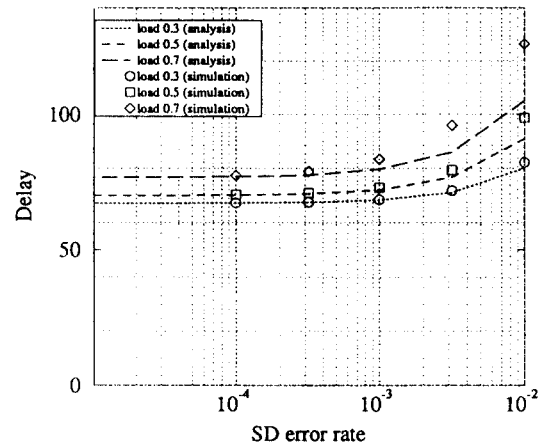


그림 8. SD 에러율에 따른 지연 시간 T_s (각각 $t_p=20$, $pp=3*t_p$ 인 3개의 링크)

Fig. 8. T_s versus SD error rate.



이 전파시간이 0.54ms

이는 평균 10

ms

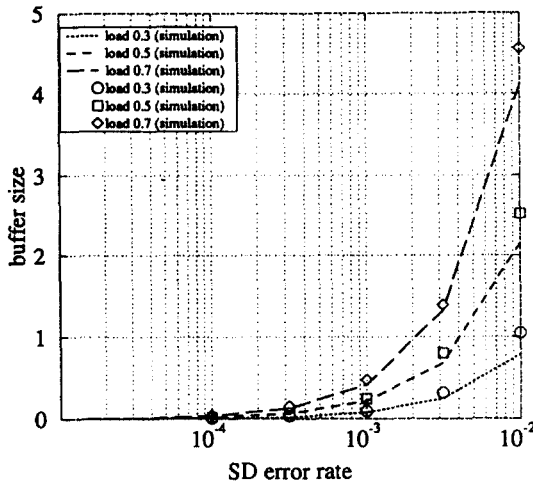


그림 9. SD 에러율에 따른 수신단 버퍼 크기 B_r (각각 $t_p = 20$, $pp = 3 * t_p$ 인 3개의 링크)

Fig. 9. Receiver buffer size B_r versus SD error rate.

데이터는 Poisson 분포를 갖는다고 가정했으나 이 가정은 처음 링크에만 적용되고 다음부터는 더 이상 Poisson 분포가 아니라 bulk의 성질을 갖기 때문이다. 결과적으로 시뮬레이션에서는 수학적인 결과 보다 높은 값을 갖게 되고 이런 현상은 여러 링크를 거칠수록 심해져서 많은 에러를 발생시킨다. 링크가 독립적이라는 가정이 없는 경우에도 큐의 지연시간은 $M^{[x]}/M/1$ 으로 계산이 가능하지만 수신단 대기시간은 쉽게 해결되지 않고 차후 과제로 남는다. 그러나 현실적으로 B-ISDN은 낮은 에러율을 보장하므로 메시지의 동작을 Poisson으로 가정할 수 있으며, 이 경우는 시뮬레이션과 해석이 일치함을 알 수 있다.

V. 결 론

B-ISDN에서 사용자사이의 연결형 보장전송을 담당할 SSCOP에 관해서 살펴 보고, 성능 분석을 하였다. 그리고 이를 시뮬레이션을 검증하였다. 여기서 SSCOP는 주기적인 POLL메시지를 이용하여 각 노드에서 처리부하를 줄이면서 SR ARQ를 이용하여 전송선의 사용효율을 높여서 품질이 에러율이 낮은 고속전송망에서는 적합함을 알 수 있었다. 앞으로 수신단이 유한개의 버퍼를 갖는 경우에 흐름제어를 고려한 성능분석이 되어 하고, SSCOP가 UNI/NNI사

이에서 신호 정보전송을 위해서 사용될 때 bulk적인 특성을 고려하여 정확한 성능분석이 필요하다. 덧붙여 본 논문에서는 이산 모델에서 성능을 분석하였으나 이를 연속 모델로 확장하는 작업이 필요하다.

참 고 문 헌

1. CCITT, I.361, B-ISDN ATM Layer Specification, Geneva, June 1992.
2. CCITT, Q.SAAL1, Service Specific Connection Oriented Protocol (SSCOP) Specification, Geneva, May 1993.
3. CCITT, I.363, B-ISDN ATM Adaptation Layer (AAL) Specification, Geneva, June 1992.
4. J. J. Bae, T. Suda, "Evaluation of the Effects of Protocol Processing Overhead in Error Recovery Schemes for a High-Speed Packet Switched Network : Link-by-Link versus Edge-to-Edge Schemes," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, Vol. 9, No. 9, Dec. 1991.
5. A. Bhargava, J. F. Kurose, "Performance Comparison of Error Control Schemes in High-Speed Computer Communication Networks," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, Vol. 6, No. 9, Dec. 1988.
6. M. E. Anagnostou, E. N. Protonotarios, "Performance Analysis of the Selective Repeat ARQ Protocol," *IEEE Trans. Commun.*, Vol. COM-34, No. 2, Feb. 1986.
7. E. J. Weldon, "An Improved Selective-Repeat ARQ Strategy," *IEEE Trans. Commun.*, Vol. COM-30, No. 3, March 1982.
8. M. J. Miller, S. Lin, "The Analysis of Some Selective-Repeat ARQ Schemes with Finite Receiver Buffer," *IEEE Trans. Commun.*, Vol. COM-29, No. 9, Sept. 1981.
9. P. S. Yu, S. Lin, "An Efficient Selective-Repeat ARQ Scheme for Satellite Channel and Its Throughput Analysis," *IEEE Trans. Commun.*, Vol. COM-29, pp. 353, Mar. 1981.
10. D. Towsley J. K. Wolf, "On the Statistical Analysis of Queue Lengths and Waiting Times for Statistical Multiplexers with ARQ Retransmission Schemes," *IEEE Trans. Commun.*,

- Vol. COM-27, pp. 693, Apr. 1979.
11. B. T. Doshi, P. K. Johri, "Error and flow Control Performance of A High Speed Protocol," *IEEE Trans. Commun.*, Vol. 41, No. 5, pp. 707, May 1993.
 12. W. A. Doeringer, D. Dykeman, "A Survey of Light-Weight Transport Protocols for High-Speed Networks," *IEEE Trans. Commun.*, Vol. 38, No. 11, Nov. 1990.
 13. A. N. Netravali, W. D. Roome, "Design and Implementation of A High-Speed Transport Protocol," *IEEE Trans. Commun.*, Vol. 38, No. 11, Nov. 1990.
 14. A. G. Konheim, "A Queuing Analysis of Two ARQ Protocols," *IEEE Trans. Commun.*, Vol.

- COM-28, No. 7, July 1980.
15. Z. Rosberg, N. Shacham, "Resequencing Delay and Buffer Occupancy under the selective repeat ARQ," *IEEE Trans. Info. Theory*, Vol. 35, No. 1, Jan. 1989.
 16. M. Morita, I. Inoue, "Service Specific Connection Oriented Protocol for the ATM Adaptation layer," in *Proc. ICNP'93*, pp. 128, 1993.
 17. H. Kobayashi, A. G. Konhem, "Queueing Models for Computer Communications Systems Analysis," *IEEE Trans. Commun.*, Vol. COM-25, No. 1, Jan. 1977.
 18. L. Kleinrock, *Queuing Analysis, volume I: Theory*, John Wiley & Sons, 1976.

張 性 喆(Sung Cheol Chang)

정회원

1992년: 경북대학교 전자공학과 학사
1994년: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사
1994년~현재: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사 과정

殷 鍾 官(Chong Kwan Un)

정회원

1964년: 미국 University of Delaware 전자공학과 학사
1966년: 동 대학원 전자공학과 석사
1969년: 동 대학원 전자공학과 박사
1969년~1973년: 미국 University of Maine 전자공학과 조교수
1973년~1977년: 미국 스텐포드연구소(SRI) 책임연구원
1977년~현재: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 교수
1983년~1989년: 한국과학기술원 통신공학연구소장
1991년~현재: 음성정보연구센터장

- 국제 전기 및 전자공학회(IEEE)의 Fellow
- IEEE Communication Society, Acoustics Speech and Signal Processing Society 및 Circuit and System Society 논문 심사위원
- IEEE Communications Society의 Asian-Pacific Committee 한국 대표위원
- 대한 전자공학회 통신연구회 위원장(1979년 1월~1980년 12월)
- 한국음향학회 부회장(1981년 6월~1987년 11월), 회장(1987년 11월~1989년 11월)
- 한국통신학회 이사(1985년 11월~1990년 11월)

※주관심분야: 디지털 통신 및 신호 처리

閔 祥 元(Sang Won Min)

정회원

1988년: 광운대학교 전자통신공학과 학사
1990년: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사
1990년~현재: 삼성정보통신(주) 연구원
1990년~현재: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사 과정

※주관심분야: B-ISDN 프로토콜 구성, 성능분석 및 모델링 등.

鄭 海(Hae Chung)

정회원

1987년: 한양대학교 전자통신공학과 학사
1991년: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사
1991년~현재: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사 과정

1994년~현재: 삼성정보통신(주) 연구원

※주관심분야: 통신 프로토콜, 트래픽 및 CAC 제어.

金 容 震(Yong Jin Kim)

정회원

1983년: 연세대학교 전자공학과 학사
1989년: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사
1991년~현재: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사 과정

1983년~현재: 한국전자통신연구원 프로토콜 기술연구실 선임 연구원

※주관심분야: B-ISDN, 통신 시스템 성능평가, 프로토콜 적합성 시험.