제어 신호용 SAR 부계층 기능부의 성능 분석
(Performance Analysis of SAR Sublayer Function Block for Control Signal)

박광만*강성열**이윤복***송광석***한치문****
(G.M.Park, S.Y.Kang, Y.B.Yi, K.S.Song, C.M.Han)

제어 신호용 SAR 부계층 기능부는 메시지 단위로 통신을 수행하는 프로세서와 셀 단위로 전송이 이루어지는 ATM 스위치망간의 정합을 수행한다. 이 기능부는 메시지를 셀로 분할하는 분할부와 셀을 메시지로 조립하는 재결합부로 구성되어 있다. 각종 제어와 관련된 신호의 SAR 기능을 실행하는 이 부분에서 발생하는 병목현상은 전체 교환시스템의 성능에 미치는 영향이 크다. 본 연구에서는 제어 신호용 SAR 부계층 기능부에 대한 성능 평가 모델을 제시하고 재결합부에 대한 성능 분석을 수치계산 예를 들어 설명한다.

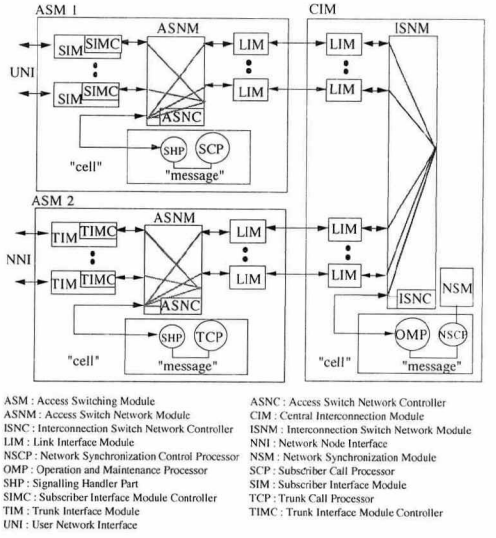
Ⅰ. 개 요

ATM 교환 시스템의 구성은 크게 전달망(Transport Network)과 제어망(Control Network)으로 구성된다. 이 중 제어망의 근간을 이루는 제어장치 분야는 안정되고 높은 신뢰성이 요구된다. 분산형 제어 구조를 채택하고 있는 ATM 교환기 연구 시제품 구조에서 각 모듈에 분산되어 있는 프로세서간의 메시지 교환을 위해서 프로세서간 통신(IPC)이 요구된다. 이 기능은 전체 교환시스템의 처리용량 및 성능에 매우 밀접한 관계를 가진다. 연구 시제품의 제어계 구조안에서는 교환시스템의 모듈간 프로세서 통신 연결망으로 고속의 ATM 스위치망을 이용한다. 이에 따라 셀 단위로 전송이 이루어지는 ATM 스위치망과 메시지 단위로 통신을 수행하는 프로세서간의 정합을 위하여 셀과 메시지(IPC 메시지, 내부 메시지 및 소프트웨어 블럭 다운 로딩 포함) 상호간 변환 기능이 요구되며, 이는 SAR (Segmentation And Reassembly) 부계층의 기능으로 실현된다. 현재 연구 시제품에서는 (그림 1)에서 볼 수 있는 바와 같이 SHP(Signalling Handler Part)에 제어 신호용 SAR 부계층 기능을 실행하는 블럭이 있어 셀과 메시지와의 변환 기능을 수행한다(시제품 구성안은 [1][2][3]을 참고할 것).

* ATM시스템연구실 연구원
** ATM시스템연구실 선임연구원
*** ATM정합연구실 선임연구원
**** ATM시스템연구실 실장, 책임연구원

각종 제어와 관련된 신호의 SAR 기능을 실행하는 부분에서 발생하는 병목현상은 전체 시스템의 성능에 끼치는 영향이 매우 크므로, 설계시 이 기능부의 성능에 대한 정확한 이해와 분석이 요구된다.

현재 연구 시제품에서 SAR 기능부를 실현하는 방안으로 여러가지 대안이 검토되고 있다. 본 논문에서는 이 중 일부 대안에 대한 성능 평가 모델을 제시한다. 여기에서 고려되지 않은 대안에 대해서는 향후 연구를 계속 수행할 예정이다.



ASM : Access Switching Module
ASNM : Access Switch Network Module
ISNC : Interconnection Switch Network Controller
LIM : Link Interface Module
NSCP : Network Synchronization Control Processor
OMP : Operation and Maintenance Processor
SHP : Signalling Handler Part
SIMC : Subscriber Interface Module Controller
TIM : Trunk Interface Module
UNI : User Network Interface

ASNC : Access Switch Network Controller
CIM : Central Interconnection Module
ISNM : Interconnection Switch Network Module
NNI : Network Node Interface
NSM : Network Synchronization Module
SCP : Subscriber Call Processor
SIM : Subscriber Interface Module
TCP : Trunk Call Processor
TIMC : Trunk Interface Module Controller

(그림 1) ATM 연구 시제품 제어계 구조

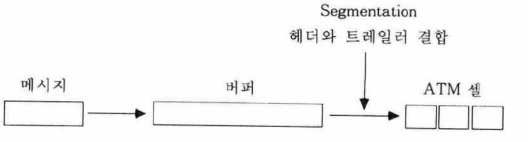
II. 제어 신호용 SAR 부계층 기능부의 구성

제어 신호용 SAR 부계층 기능부는 메시지를 셀로 변환시키는 분할부와 셀을 메시지로 완성하는 재결합부로 구성된다. 그러면, 현재 연구 시제품에서 고려되고 있는 분할부와 재결합부의 실현 방안에 대해 알아 보자.

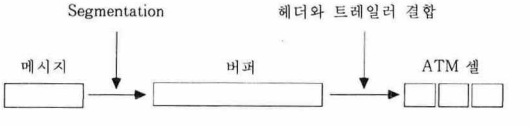
1. 분할부의 구성

분할부는 각각 다양한 크기를 가진 메시지를 ATM 스위치망을 통해 전송할 수 있도록 셀로 변환시켜 전송하는 기능을 수행한다. 이 과정중에 헤더와 트레일러의 생성, 전송 속도의 조정 등을 위하여 버퍼링 기능이 필요하다. 현재 고려되고 있는 분할부의 구성 방안으로는 버퍼의 위치가 분할 과정(segmentation) 전후에 있는 것에 따라 Pre-buffering 방법과 Post-buffering 방법으로 구분할 수 있다.

Pre-buffering 방법은 (그림 2)에서 볼 수 있듯이 전송할 메시지를 먼저 버퍼에 저장한 후 이를 분할하고 헤더와 트레일러를 삽입하여 셀로 만든 후 전송한다. 이와는 달리 Post-buffering 방법은 전송할 메시지를 수신 즉시 분할하여 SDU(Service Data Unit) 크기로 버퍼에 저장하고, 헤더와 트레일러를 삽입하여 셀로 만든 후 전송한다. 여기에서는 분할하는 곳에 버퍼를 두지 않기 위하여 segmentation 처리 속도가 입력되는 메시지 속도보다 빨라야 한다 [4].



(a) Pre-Buffering 방식



(b) Post-Buffering 방식

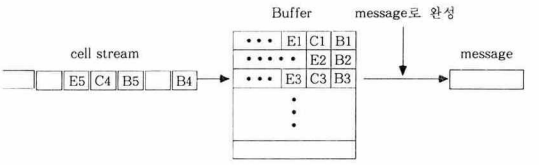
(그림 2) 분할부의 구성방안

그러면 분할부는 메시지가 도착하여 셀로 분할 될 때까지 버퍼에서 대기하는 시스템으로 생각할 수 있다.

2. 재결합부의 구성

재결합부는 ATM 스위치망을 통하여 셀의 형태로 전송되는 메시지를 조립하여 프로세서에 제공하는 기능을 수행한다. 재결합부에 도착하는 셀에는 메시지의 시작을 나타내는 BOM(Begin Of Message) 셀, 메시지의 계속을 나타내는 COM(Continuation Of Message) 셀, 그리고 메시지의 끝을 나타내는 EOM(End Of Message) 셀이 있다. ATM의 특성상 재결합부에 도착하는 셀은 각각 다른 메시지에 속하는 셀들이 서로 뒤섞여 도착하게 된다. 한 메시지의 시작을 표시하는 BOM 셀이 도착하면 이는 그 메시지의 EOM 셀이 도착할 때까지 버퍼에 저장되고, EOM 셀의 도착 후에 메시지로 조립된다. 그리고, 이와 같은 작업이 모두 끝나면 메시지를 저장했던 버퍼는 새로이 도착하는 메시지를 저장하는 데 다시 사용될 수 있다. 현재 고려되고 있는 재결합부의 구성 방안은 개별 버퍼 방식과 공유 버퍼 방식으로 구분할 수 있다.

개별 버퍼 방식은 메시지의 최대 길이를 고려하여 각 메시지별로 별도의 버퍼를 할당하는 방식이다. 한 메시지를 저장하기 위한 버퍼의 크기가 정해져 있으므로, 메시지가 이 중 일부만 차지하고 있어도 버퍼의 나머지 영역은 새로운 메시지를 저장하는 데 사용될 수 없다. 따라서, 전체 버퍼가 overflow되지 않더라도 특정 버퍼는 overflow될 확률이 존재하는 등 버퍼의 운용 효율이 떨어지는



여기서, Bi : 메시지 i의 BOM 셀
Ci : 메시지 i의 COM 셀
Ei : 메시지 i의 EOM 셀

(그림 3) 재결합부의 구성방안

단점이 있으나 구조 및 제어가 간단하다.

공유 버퍼 방식은 버퍼 메모리를 셀 크기의 버퍼로 세분하여 이들 버퍼를 모든 메시지가 공유하는 방식이다. 즉, 셀을 수신하였을 때 이 셀을 버퍼에 할당하고 메시지별로 각 메시지의 EOM 셀이 도착하면 이 메시지에 속한 모든 셀들을 모아 조립하는 방법이다. 이 방법은 전체 버퍼의 크기를 줄일 수 있으나 구조 및 제어가 복잡한 측면이 있다 [4].

본 연구에서는 위와 같은 재결합부의 구성 방안 중에서 개별 버퍼 방식에 대한 성능 평가 모델을 제시하였다. 개별 버퍼 방식으로 구현되는 재결합부는 (그림 3) 에 나타나 있다. 이 시스템을 메시지 단위로 생각해 보면, 메시지는 시스템에 도착한 후 버퍼를 점유하고, EOM 셀이 도착할 때까지 버퍼에서 대기하다 그 후에 메시지로 조립되는 시스템으로 생각할 수 있다.

III. 제어 신호용 SAR 부계층 기능블럭 모델링 및 분석

1. 분할부의 모델링 및 분석

제어 신호용 SAR 부계층 기능부의 성능 분석에

서는 분석 대상인 기능부에 도착하는 트래픽의 종류와 특성에 대한 연구가 선행되어야 한다. ATM 교환 시스템 제어계의 기능은 호 접속 처리를 위한 스위칭 제어, 장애(fault) 처리를 위한 제어, 과금 관리를 위한 제어, 그리고 자원 관리를 위한 제어 등으로 구분할 수 있으며, 이 기능부에 입력되는 트래픽은 위와 같은 각종 제어를 수행하기 위한 트래픽의 함수로 표현될 것이다.

본 연구에서는 분할부에 입력되는 메시지의 도착 프로세스는 도착률이 λ인 프로세스를 따른다고 가정하였다. ATM 망을 통해 전송되는 트래픽을 분류해 보면 데이터, 음성, 그리고 화상의 세가지로 나눌 수 있으며, 이 세가지 트래픽은 특성이 각각 다른 이질적(heterogeneous)인 트래픽이다. 이들 트래픽의 도착과정은 개별 트래픽의 특성을 고려하여 모델링 된다. 그러나, 교환 시스템의 제어 과정에서 발생하는 제어 트래픽은 ATM 망에 직접 부과되는 트래픽과는 달리 트래픽 특성이 동질적(homogeneous)이다. 따라서, 분할부에 입력되는 메시지의 도착 프로세스를 포아송 프로세스로 가정할 수 있다. 또한, 입력되는 메시지의 크기는 임의의 확률분포를 따르며 메시지가 i개의 셀로 이루어질 확률이 g_i라고 하고, 한 셀을 처리하는 데 소요되는 시간은 평균이 $1/\mu$인 지수분포, 그리고 셀을 수용할 수 있는 버퍼의 크기는 K라고 하자.

그러면, 분할부는 Pre-buffering 방법으로 구현되든지 Post-buffering 방법으로 구현되든지에 관계없이 $M^{[X]}/M/1/K$ 대기 모형으로 모델링 할 수 있다. 물론 구현되는 방법에 따라 한 셀의 처리시간은 달리 추정되어야 한다. Pre-buffering 방법에서는 한 셀의 처리시간에 분할 및 헤더와 트레일러의 결합시간까지를 고려하여야 하나 Post-buffering 방법에서는 헤더와 트레일러의 결합시간만을 고려하여 추정하면 된다.

본 연구에서는 분할부의 성능 평가 척도로는 메시지의 손실확률과 셀의 손실확률, 버퍼에서 대기하고 있는 평균 셀의 수, 그리고 셀이 버퍼에서 대기하는 시간의 평균을 제시하였다. 이 중에서 메시지의 손실확률은 분할부가 주어진 기준치 이하의 손실확률을 보장하게 설계되어야 하므로 중요한 성능 평가 척도가 된다.

$M^{[X]}/M/1/K$ 대기 모형은 다음과 같은 절차에 따라 분석할 수 있다 [5][6][7].

상태 i를 버퍼에 존재하는 셀의 수로 정의하면 다음과 같은 균형방정식(balance equation)을 얻을 수 있다.

$$-\lambda \sum_{i=1}^{K} g_i \cdot P_0 + \mu \cdot P_1 = 0$$

$$-(\lambda \sum_{i=1}^{K-j} g_i + \mu) \cdot P_j + \mu \cdot P_{j+1} + \lambda \sum_{i=0}^{j-1} g_{j-i} \cdot P_i = 0, 0 < j < K$$

$$-\mu \cdot P_K + \lambda \sum_{i=0}^{K-1} g_{K-i} \cdot P_i = 0$$

$$\sum_{i=0}^{K} P_i = 1 \qquad (1)$$

위의 상태 천이식을 행렬로 표시하면 이 행렬은 삼각 행렬(triangular matrix)에서 대각 원소(diagonal element)의 바로 위의 원소까지만 값이 있는 특이한 행렬이다. 따라서 P_i와 P_0사이에는 다음과 같은 선형적인 관계가 존재한다.

$$P_i = c_i \cdot P_0 \ , \ 1 \le i \le K \qquad (2)$$

따라서 위의 식 (1)은 다음과 같은 절차에 의해

구할 수 있다.

i) P_0에 임의의 값을 대입한다.

ii) 식(1)로 부터 P_i값을 구한다.

iii) $\sum_{i=0}^{K} P_i = 1$을 사용하여 P_i를 구한다.

식 (1)로부터 P_i가 구해지면 메시지의 손실확률 $B_{message}$, 셀의 손실확률 B_{cell}, 버퍼에서 대기하고 있는 평균 셀의 수 L, 그리고 셀이 버퍼에서 대기하는 시간의 평균 W는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$B_{message} = \sum_{i=0}^{K} P_i \sum_{j=K-i+1}^{\infty} g_j \quad (3)$$

$$B_{cell} = \frac{1}{MMS} \sum_{i=0}^{K} P_i \sum_{j=K-i+1}^{\infty} j \cdot g_j \quad (4)$$

여기서, MMS는 Mean Message Size

$$L = \sum_{i=0}^{K} i \cdot P_i \quad (5)$$

$$W = \frac{L}{\lambda_e} \quad (6)$$

위의 식 (6)에서 λ_e는 실질 도착률(effective arrival rate)이고 다음과 같다.

$$\lambda_e = \lambda \sum_{i=0}^{K} P_i \sum_{j=0}^{K-i} j \cdot g_j \quad (7)$$

2. 재결합부의 모델링 및 분석

제어 신호용 SAR 부계층 재결합부에서의 분석은 분할부에 입력되는 단위가 메시지여서 비교적 쉽게 모델링 되었던 것에 비해 재결합부에는 셀이 입력되므로 입력 트래픽의 도착 과정이 분할부에 비해 복잡하다.

본 연구에서는 재결합부에 입력되는 셀의 도착 과정에 대하여 다음과 같이 가정하였다. 각 메시지의 시작을 나타내는 BOM 셀의 도착 프로세스는 도착률 λ_1을 갖는 포아송 프로세스, 버퍼에 도착한 메시지가 EOM셀이 도착하여 완성되기 까지의 시간은 평균이 $1/\lambda_2$ 인 지수분포, 그리고 완성된 메시지를 CPU가 처리하기까지 소요되는 시간은 평균이 $1/\mu$인 지수분포, 그리고 메시지를 수용할 수 있는 버퍼의 크기는 K라고 하자.

분석에 앞서 λ_1, λ_2, 그리고 μ를 추정하기 위한 방안을 알아 보자. SAR 부계층 기능부의 재결합부에 전송되는 메시지는 분할부에서와 마찬가지로 메시지의 종류에 따라 다양한 길이의 셀로 구성되므로 메시지의 길이가 입력 모수의 추정에서 고려되어야 한다. 분할부에서와 마찬가지로 α_i를 재결합부에 도착하는 메시지가 i개의 셀로 구성되어 있을 확률, 그리고 $\overline{x_i}$를 i개의 셀로 구성되어 있는 메시지의 BOM 셀과 EOM 셀간의 도착시간 간격의 평균이라고 하자. 그러면, λ_1은 재결합부에 도착하는 BOM 셀들의 평균 도착시간 간격의 역수로 추정 가능하다. 또한 λ_2는 다음과 같이 추정할 수 있다.

$$\lambda_2 = \frac{1}{\sum_i \alpha_i \cdot \overline{x_i}}$$

또한, i개의 셀로 구성되어 있는 메시지를 조립하는 데 소요되는 시간은 i에 따라 선형적으로 증가하므로 조립에 소요되는 시간을 $i \cdot d$라 하면, μ는 다음과 같이 추정할 수 있다.

$$\mu = \frac{1}{\sum_i \alpha_i \cdot i \cdot d}$$

본 연구에서는 재결합부의 성능 평가 척도로 메시지의 손실확률과 버퍼에서 대기하고 있는 평균

메시지의 수, 그리고 메시지가 버퍼에서 대기하는 시간의 평균을 제시하였고, 연속시간 마르코프체인으로 모형화하여 이를 분석하였다. 다음과 같이 시스템의 상태를 정의하자.

상태 (i,j)

i : 버퍼에 도착한 메시지의 수(완성되지 않은 메시지의 수도 포함)

j : 버퍼에 존재하는 메시지중에 완성된 메시지의 수

단, $0 \le j \le i \le K$.

그러면, 이 시스템은 (그림 4)와 같은 상태 천이를 갖는 연속시간 마르코프체인으로 모형화할 수 있다.

$P_{(i,j)}$를 상태 (i,j)에 있을 안정 상태 확률(steady state probability) 이라고 정의하면, (그림 4)의 상태 천이도로부터 다음과 같은 균형 방정식을 얻을 수 있다.

$$(\lambda_1+\lambda_2+\mu)\cdot P_{(i,j)}=\lambda_1\cdot P_{(i-1,j)}+\lambda_2\cdot P_{(i,j-1)}+\mu\cdot P_{(i+1,j+1)} \quad 0<j<i<K$$

$$(\lambda_1+\lambda_2)\cdot P_{(i,0)}=\lambda_1\cdot P_{(i-1,0)}+\mu\cdot P_{(i+1,1)},\ 0<i<K,\ j=0$$

$$(\lambda_1+\mu)\cdot P_{(i,i)}=\lambda_2\cdot P_{(i,i-1)}+\mu\cdot P_{(i+1,i+1)},\ 0<i=j<K$$

$$(\lambda_2+\mu)\cdot P_{(K,j)}=\lambda_1\cdot P_{(K-1,j)}+\lambda_2\cdot P_{(K,j-1)},\ i=K,\ 0<j<K$$

$$\lambda_1\cdot P_{(0,0)}=\mu\cdot P_{(1,1)},\ i=j=0$$

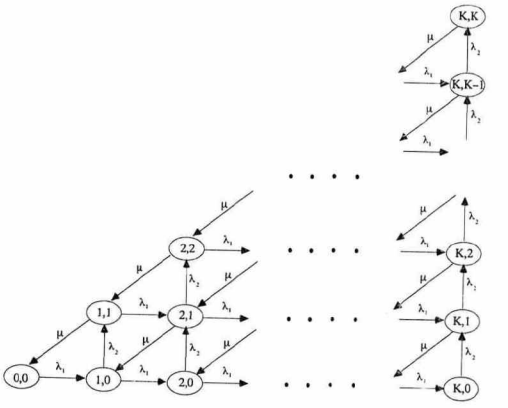
$$\lambda_2\cdot P_{(K,0)}=\lambda_1\cdot P_{(K-1,0)},\ i=K,\ j=0$$

$$\mu\cdot P_{(K,K)}=\lambda_2\cdot P_{(K,K-1)},\ i=j=k \qquad (8)$$

위의 식을 만족하는 $P_{(i,j)}$ 사이에는 다음과 같은 정리가 성립한다.

〈정리 1〉

위의 해 $P_{(i,j)}$를 $P_{(0,0)}$으로 나타내면 다음의 관계식이 성립한다.



(그림 4) 상태 천이도(state transition diagram)

$$P_{(i,j)}=\frac{\lambda_1^{\,i}}{\lambda_2^{\,i-j}\mu^{j}}P_{(0,0)} \qquad \forall 0\le j\le i\le K \qquad (9)$$

〈증 명〉

(9)의 결과를 (8)에 대입하면 쉽게 보일 수 있다.■

위의 정리에 따라서 다음과 같이 안정상태확률 $P_{(i,j)}$를 구할 수 있다.

$$P_{(0,0)}=\left[1+\frac{\lambda_1}{\lambda_2}+\frac{\lambda_1}{\mu}+\frac{\lambda_1^2}{\lambda_2^2}+\frac{\lambda_1^2}{\lambda_2\mu}+\frac{\lambda_1^2}{\mu^2}+\cdots+\frac{\lambda_1^K}{\lambda_2^K}+\cdots+\frac{\lambda_1^K}{\mu^K}\right]^{-1}$$

$$=\begin{cases}\left[\frac{1}{1-v}\left(\frac{1-\rho^{K+1}}{1-\rho}-v\cdot\frac{1-\omega^{K+1}}{1-\omega}\right)\right]^{-1} & \lambda_1\neq\lambda_2\neq\mu\\ \left[\frac{1-(K+2)\rho^{K+1}+(K+1)\rho^{K+2}}{(1-\rho)^2}\right]^{-1} & \lambda_1\neq\lambda_2=\mu\\ \left[\frac{1}{1-\omega}\left((K+1)-\frac{\omega(1-\omega^{K+1})}{1-\omega}\right)\right]^{-1} & \lambda_1=\lambda_2\neq\mu\\ \left[\frac{1}{1-\rho}\left((K+1)-\frac{\rho(1-\rho^{K+1})}{1-\rho}\right)\right]^{-1} & \lambda_1=\mu\neq\lambda_2\\ \frac{2}{(K+1)(K+2)} & \lambda_1=\lambda_2=\mu\end{cases}$$

여기서, $\rho=\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$, $\upsilon=\frac{\lambda_2}{\mu}$, $\omega=\frac{\lambda_1}{\mu}$

$$P_{(i,j)}=\frac{{\lambda_1}^i}{{\lambda_2}^{i-j}\mu^j}P_{(0,0)} \qquad \forall \le 0 \le j \le i \le K \tag{10}$$

그러면, 위에서 구한 $P_{(i,j)}$와 PASTA(Poisson Arrival See Time Average)정리를 이용하여 메시지의 손실확률 P_{loss}를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_{loss}=\sum_{j=0}^{K}P_{(K,j)}$$

$$=\sum_{j=0}^{K}\frac{{\lambda_1}^K}{{\lambda_2}^{K-j}\mu^j}\cdot P_{(0,0)}$$

$$=\begin{cases}\dfrac{\rho^K(1-\upsilon^{K+1})}{1-\upsilon}\cdot P_{(0,0)} & \lambda_1\neq\lambda_2\neq\mu \\ (K+1)\rho^K\cdot P_{(0,0)} & \lambda_1\neq\lambda_2=\mu \\ \dfrac{1-\omega^{K+1}}{1-\omega}\cdot P_{(0,0)} & \lambda_1\neq\lambda_2=\mu \\ \dfrac{1-\rho^{K+1}}{1-\rho}\cdot P_{(0,0)} & \lambda_1=\mu\neq\lambda_2 \\ (K+1)\cdot P_{(0,0)} & \lambda_1=\lambda_2=\mu\end{cases} \tag{11}$$

또한, 평균 메시지의 수 L은 다음과 같이 구할 수 있다. 먼저, 다음과 같이 P_i를 정의 하자.

$$P_i=\sum_{j=0}^{i}P_{(i,j)}=\sum_{j=0}^{i}\frac{{\lambda_1}^i}{{\lambda_2}^{i-j}\mu^j}\cdot P_{(0,0)}$$

$$=\begin{cases}\dfrac{\rho^i(1-\upsilon^{i+1})}{1-\upsilon}\cdot P_{(0,0)} & \lambda_1\neq\lambda_2\neq\mu \\ (i+1)\rho^i\cdot P_{(0,0)} & \lambda_1\neq\lambda_2=\mu \\ \dfrac{1-\omega^{i+1}}{1-\omega}\cdot P_{(0,0)} & \lambda_1=\lambda_2\neq\mu \\ \dfrac{1-\rho^{i+1}}{1-\rho}\cdot P_{(0,0)} & \lambda_1=\mu\neq\lambda_2 \\ (i+1)\cdot P_{(0,0)} & \lambda_1=\lambda_2=\mu\end{cases} \tag{12}$$

그러면, 평균 메시지의 수 L은 다음과 같다.

$$L=\sum_{i=0}^{K}i\cdot P_i$$

$$=\begin{cases}\dfrac{1}{1-\upsilon}\left[\dfrac{\rho-(K+1)\rho^{K+1}+K\rho^{K+2}}{(1-\rho)^2}-\upsilon\cdot\dfrac{\omega-(K+1)\omega^{K+1}+K\omega^{K+2}}{(1-\omega)^2}\right]\cdot P_{(0,0)} & \lambda_1\neq\lambda_2\neq\mu \\ \rho\cdot\left[\dfrac{2-(K+1)(K+2)\rho^K+2K(K+2)\rho^{K+1}}{(1-\rho)^3}-\dfrac{K(K+1)\rho^{K+2}}{(1-\rho)^3}\right]\cdot P_{(0,0)} & \lambda_1\neq\lambda_2=\mu \\ \dfrac{1}{1-\omega}\left[\dfrac{K(K+1)}{2}-\omega\cdot\dfrac{\omega-(K+1)\omega^{K+1}+K\omega^{K+2}}{(1-\omega)^2}\right]\cdot P_{(0,0)} & \lambda_1=\lambda_2\neq\mu \\ \dfrac{1}{1-\rho}\left[\dfrac{K(K+1)}{2}-\rho\cdot\dfrac{\rho-(K+1)\rho^{K+1}+K\rho^{K+2}}{(1-\rho)^2}\right]\cdot P_{(0,0)} & \lambda_1=\mu\neq\lambda_2 \\ \dfrac{K(K+1)(K+2)}{3}\cdot P_{(0,0)} & \lambda_1=\lambda_2=\mu\end{cases} \tag{13}$$

또한, 메시지가 SAR 부계층 기능부의 재결합부에 도착하여 완성되어 전송되기 까지 대기하는 시간의 평균 W는 Little's Law로부터 다음과 같이 구할 수 있다. Little's Law에 의하면 평균 메시지의 수 L과 대기하는 시간의 평균 W사이에는 다음과 같은 관계식이 성립한다.

$L=\lambda_e \cdot W$

여기서, λ_e : 실질 도착률

이 시스팀내에 버퍼의 수가 제한되어 있음을 고려하면 λ_e는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\lambda_e=\lambda_1 \cdot (1-P_{loss})$$

따라서, 메시지가 시스팀내에서 소비하는 평균시간 W는 다음과 같이 구할 수 있다.

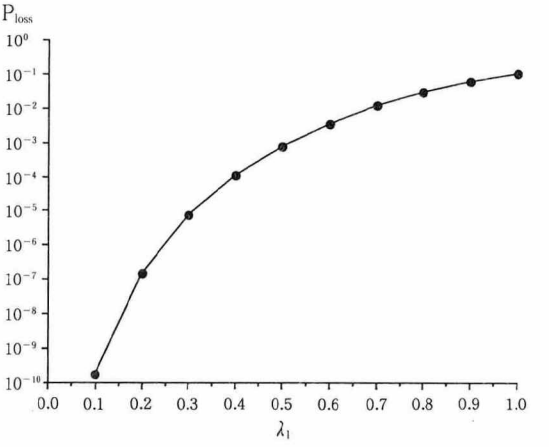
$$W=\frac{L}{\lambda_e}=\frac{L}{\lambda_1 \cdot (1-P_{loss})} \qquad (14)$$

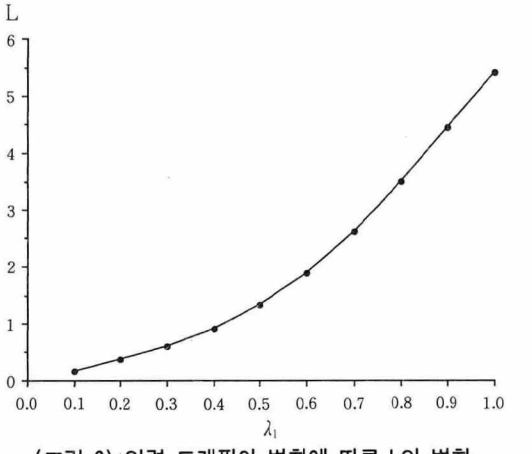
Ⅳ. 수치계산 예

이상에서 제어 신호용 SAR 부계층 기능부의 성능 평가 모델을 그 구성 요소인 분할부와 재결합부 각각에 대하여 수행하였다. 그러면, 기능부에 입력되는 트래픽이 주어졌을 때 본 연구에서 제시된 기능부의 성능 평가 척도가 어떻게 변화하는지 살펴보도록 하자. 그런데 분할부의 경우는 분할부에 부과되는 메시지의 입력량이 적고 또한 메시지의 입력속도와 이를 셀로 처리하는 속도간에 큰 차이가 없으므로, 분할부의 버퍼 용량 결정은 입력이 예상되는 최대 메시지의 길이를 고려하여 이에 약간의 여유만을 두어도 요구되는 성능 목표치를 만족시킬 수 있을 것으로 예상된다. 따라서, 여기에서는 재결합부에 대해서 살펴보도록 하겠다.

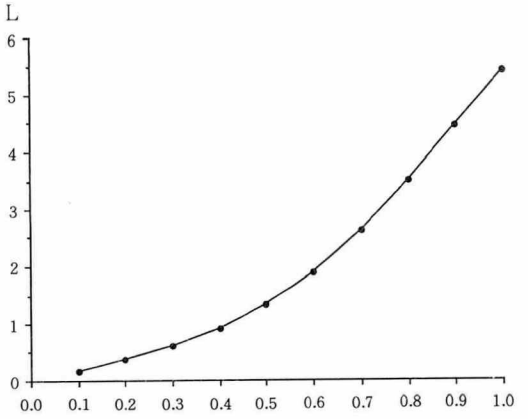
재결합부에 입력되는 트래픽이 $\lambda_2=2$, $\mu=1$ 이고, 메시지 단위로 수용가능한 버퍼의 용량이 K=10인 경우에 λ_1값이 달라짐에 따른 P_{loss}, L, 그리고 W의 변화를 각각 그림으로 나타낸 것이 (그림 5)-(그림 7)이다. 입력 트래픽의 부하가 증가됨에 따라서 P_{loss}, L, 그리고 W가 증가함을 알 수 있다. 버퍼의 용량이 제한되어 있는 관계로 L 및 W는 제한된 범위에서 완만하게 증가함을 보이나, 메시지의 손실확률은 급격히 증가함을 알 수 있다.

(그림 8)은 λ_1, λ_2와 μ가 주어졌을 때 메시지의 손실확률을 10^{-8} 이하로 유지하는 데 필요한 버퍼의 최소량을 나타낸다. 시스팀에 부과되는 트래픽의 양이 증가함에 따라 메시지의 손실확률을 10^{-8} 이하로 유지하는 데 필요한 버퍼의 최소량이 급격

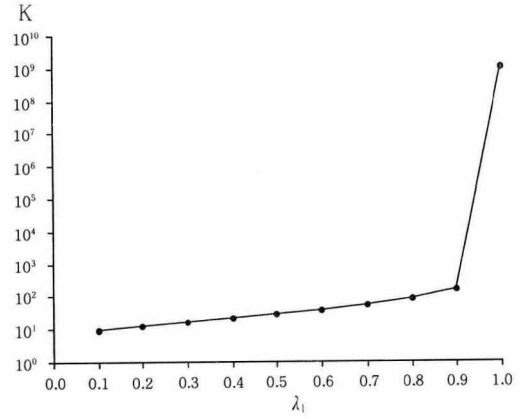




(그림 6) 입력 트래픽의 변화에 따른 L의 변화
($\lambda_2=2$, $\mu=1$, K=10)



(그림 7) 입력 트래픽의 변화에 따른 W의 변화 (λ_2=2, μ=1, K=10)



(그림 8) 트래픽이 변화할때 메시지 손실 확률을 10^{-8}로 유지하는 데 필요한 K (λ_2=2, μ=1)

히 증가함을 알 수 있다. 그런데 μ가 λ_1과 λ_2에 비해 상당히 크다면 메시지의 손실확률은 다음과 같다.

$$P_{loss}=\begin{cases}\dfrac{\rho^K(1-\rho)}{1-\rho^{K+1}} & \lambda_1\neq\lambda_2\\ \dfrac{1}{K+1} & \lambda_1=\lambda_2\end{cases} \qquad (15)$$

단, $\mu\gg\lambda_1$, $\mu\gg\lambda_2$

위의 식은 λ_1, λ_2, 그리고 K가 주어졌을 때 μ가 상당히 커져도 달성 가능한 메시지의 손실확률에는 상한치가 존재함을 의미한다. 이와 같은 상황이 발생하는 이유는 CPU의 처리능력이 아무리 커도 메시지의 EOM 셀이 도착하여 메시지가 완성될 때까지 버퍼를 점유하고 있기 때문이다.

제어 신호용 SAR 부계층 기능부는 주어진 기준 목표치를 달성할 수 있도록 설계되어야 한다. 그런데 현실적으로 기능부의 처리능력과 구현가능한 버퍼의 크기에는 한계가 존재하므로 기준 목표치는 두가지를 조정함으로써 달성할 수 있을 것이다. 이와 같은 단계에서는 조정 가능한 두가지 요소중에서 어느 것을 조정할지에 따라 여러 대안이 존재할 것이며, 이에 따라 대안중에서 어느 것을 선정할 것인지에 대한 의사 결정이 필요하다. 의사결정시에는 기술적인 측면과 경제적인 측면에서의 고려도 중요하지만, 주어진 입력 트래픽이 변화했을 때 본 연구에서 제시된 성능 평가 척도의 변화를 고려하여 선정하는 것도 한가지 방안이 될 수 있을 것이다.

V. 결 론

본 연구에서는 프로세서간 통신에 있어 중요한 역할을 수행하는 제어 신호용 SAR 부계층 기능부에 대한 분석을 행하였다. 이 기능부는 각 모듈에 분산되어 있는 프로세서들간의 메시지 교환에 있어 연결망으로 채택된 ATM 스위치망과의 정합을 수행한다.

본 연구에서는 Pre-buffering 방식 및 Post-buffering 방식과 개별 버퍼 방식으로 구현되는 제어 신호용 SAR 부계층 기능부의 분할부와 재결합부를 각각 $M^{[x]}/M/1/K$ 대기 모형과 연속 시간 마르코프체인

으로 모델링하여 성능을 분석할 수 있는 방법을 제시하였다. 그리고, 입력 모수가 주어졌을 때 제시된 성능 평가 척도를 구하였고, 이를 그래프로 나타내어 보았다. 만일 입력 모수의 값이 특정 구성안에 기초한 현실적인 값이라면 그 구성안에 대한 타당성 검증이 가능할 것이다. 또한 제어 신호용 SAR 부계층 기능부의 설계시 주어진 성능 목표치를 달성하기 위한 버퍼의 최소량을 결정하는 데에도 이 분석을 이용할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] 김영부 외 (ATM 시스템 실원), ATM 교환 연구 시제품 구조 1차 초안 배포, 한국전자통신연구소, TA/S-93-001, Jan. 1993.

[2] 송광석 외 (제어계 구조팀), ATM 연구시제품 제어계 구조 1차 초안, 한국전자통신연구소, TA/S-93-010, June 1993.

[3] 정연쾌, ATM 교환시스팀의 제어계 구조, 한국전자통신연구소, TT/P-3120-92-002, Jan.1992.

[4] 이윤복, 이우섭, ATM 교환시제품의 신호처리용 AAL 구성방안, 한국전자통신연구소, TA/A-93-013, June 1993.

[5] J.Chang and R-F Chang,"The behavior of a finite queue with batch Poisson inputs resulting from message packetization and a single server," IEEE Trans. Commun., vol. COM-32, pp. 1277-1284, Dec. 1984.

[6] D.R.Manfield and P.Tran-Gia,"Analysis of Finite Storage System with Batch Input Arising out of Message Packetization," IEEE Trans. Commun., Vol. COM-30, pp. 456-463, Mar. 1982.

[7] D.E.Smith and H.J.Chao,"Buffer Sizing at a Host in an ATM Network," Proc. IEEE INFOCOM, pp. 536-543, 1992.

[8] D.Gross and C.M.Harris, Fundamentals of Queueing Theory, second edition. New York:John Wiley & Sons, 1985.

[9] L.Kleinrock, Queueing Systems Vol.1 : Theory. New York: John Wiley & Sons, 1975.