

비계층적 구조를 갖는 종합정보 통신망에서  
다윈트래픽 성능분석  
- Performance Analysis of Multi-Media Traffic  
in Nonhierarchical Structures -

김 제 송  
Che-soong Kim

Abstract

In this paper, a *nonhierarchical* integrated information network with *circuit switched* and *packet switched* traffic is considered. It is assumed that circuit switched traffic is allowed to attempt an alternate path if the direct path is blocked, whereas packet switched traffic is not. The network uses a *movable boundary scheme* to allocate bandwidth dynamically. To analyze the performance of this type of network, *EEBP(End to End Blocking Probability)* is selected as a measure for circuit switched traffic and *average time delay* for packet switched traffic, respectively.

*EEBP* and *average time delay* are derived analytically. Using the two proposed measure, the performance of the network under various bandwidth allocations and arrival patterns are observed. Moreover, the arrival rate of one link for circuit switched traffic is obtained from an approximation formula. Simulation results reveal the validity of the proposed approximation method.

1. 서 론

초기의 회선교환 통신망은 주로 계층적(*hierarchical*) 구조를 이루고 있다. 그러나, 성능이 뛰어난 전자식 교환기들이 개발됨에 따라 비계층적(*nonhierarchical*) 구조의 통신망에서도 우회경로(*alternate routing*) 기법이 가능하게 되었고, 연구결과 설치와 운용비용 면에서도 계층적 구조에 비해 비계층적 구조가 훨씬 효율적이라는 것이 밝혀짐에 따라 현재 미국 등지에는 비계층적 구조의 통신망이 설치, 운용되고 있다[9]. 특히, 통신기술의 발전을 통해 최근에는 전화(음성정보), 데이터 전송, 비디오등 다양한 서비스를 기존의 회선교환망을 이용하여 동시에 제공할 수 있게 되었다[8]. 따라서 여러 유형의 트래픽이 존재하는 비계층적 구조의 통신망에 대한 성능분석에 최근 관심이 집중되고 있다. 다윈 트래픽이 존재하는 통신망에 대한 트래픽 유형에 따른 성능평가는 각 유형의 트래픽을 사용하는 사용자에 대한 서비스 수준을 나타내는 지표로 이용될 수 있다. 또한 분석을 통하여 시스템의 성능에 영향을 미치는 인자를 체계적으로 파악할 수 있고, 이를 통신망의 개선에 이용할 수 있다.

1. 본 논문은 1995년도 상지대학교 교내학술 연구 조성비에 의하여 수행되었음.
2. 상지대학교 산업공학과 교수

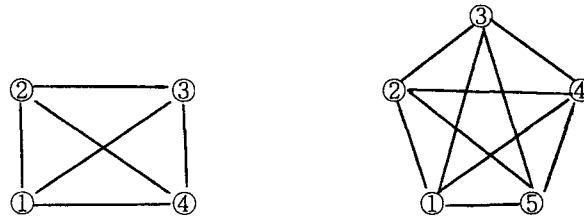
우회경로 배정이란 외부로 부터의 호(*call*)를 일단 직접경로에 배정한 후 경로내의 가용채널이 모두 사용중이면 우회경로에 순차적으로 배정하는 방법을 말한다[8]. 네트워크에서 우회경로를 허용할 경우, 한 링크는 호에 대한 직접경로로 쓰이며 또한 다른 링크의 우회경로로도 쓰이는 불안정성(*instability*) 문제가 발생된다. 그러나 설치, 운용비용을 줄일 수 있고, 링크의 효율성(*utilization*)을 높일 수 있어 이 방법이 널리 사용되고 있다. 그러나 우회경로 허용은 불안정성 문제 때문에 통신망의 성능을 저하시킬 수도 있어 허용에 한계를 두는 것으로 알려져 있다[9]. 본 논문에서는 트래픽의 특성상 대기가 불가능한 회선교환 트래픽에 대해서만 우회경로를 허용하고, 패킷교환 트래픽은 직접경로만을 허용한다. 우회경로가 허용되는 통신망에서 회선교환 트래픽의 도착과정을 분석하기 위해서는 과부하 과정(*overflow process*) 분석이 필요하다. 과부하 과정에 대한 연구는 과정의 복잡성 때문에 정확한 분석은 어려운 것으로 알려져 있다. 따라서 더욱 정확한 근사식의 모형화에 대한 연구가 행해져 왔다. 그 내용은 다음 세 가지로 크게 구분된다. 첫째, *EQRM(Equivalent Random Method)*적 접근이다. 일차, 이차 봉사자 그룹과 그에 관계되는 부하를 단일의 동등하고 랜덤한 봉사자 그룹과 부하로 대체하는 방식으로 근사시키는 방법이다[3,4,10]. 이 방법은 비교적 정확하다고 알려져 있다. 그러나 본 연구에서는 통신망을 다루기 때문에 네트워크의 순환적 특성상 이 방법으로는 관계모수를 구하는 것이 불가능하다. 둘째, *IPP(Interrupted Poisson Process)*를 이용한 접근 방법이다. 이는 과부하 트래픽의 세 가지 확률적 모멘트를 *IPP*와 동치로 두어 근사시키는 방법이다. 이 방법은 일반적으로 *EQRM* 방법보다 복잡한 것으로 알려져 있다[4,5,6]. 셋째, *Hayward* 방법이 있다. 이는 과부하 과정의 평균과 *peakedness*라는 주요 모수를 이용하여 차단확률을 *Erlang* 손실 공식으로 근사시키는 방법이다[2,4,10]. 이 방법 역시 네트워크에 적용할 경우 평균과 *peakedness*에 변수가 남아 이를 이용한 근사식 적용이 불가능하다. 따라서 통신망 상에서 한 링크에 대한 회선교환 트래픽의 도착과정 분석을 위해서는 네트워크의 특성을 반영하는 새로운 근사식 개발이 요구된다.

본 연구에서는 트래픽의 특성상 회선교환 트래픽의 *EEBP*, 패킷교환 트래픽의 경우에는 시간지연을 평가척도로 성능분석을 수행한다. *EEBP*란 링크의 불가용도, 즉 한 링크에 도착한 하나의 호가 가용경로의 모든 채널이 사용중이어서 손실될 확률을 말한다. 시간지연이란 하나의 패킷이 외부로부터 한 링크에 도착하여 성공적으로 전송될 때까지 시간의 기대값을 말한다. 본 연구의 목적은 한 링크에 대한 회선교환 트래픽의 도착과정을 분석하고 한 노드쌍에 대한 회선교환 트래픽의 *EEBP* 분석에 있다. 또한 패킷교환 트래픽의 경우에 대해서는 시간지연 분석을 수행한다. 이상의 결과를 이용하여 본 연구는 우회경로 배정절차가 회선교환 트래픽의 *EEBP* 및 패킷교환 트래픽의 시간지연에 미치는 영향을 분석하고, 회선교환 트래픽의 도착률이 패킷교환 트래픽의 시간 지연에 미치는 영향분석 및 트래픽에 배정된 채널수의 비, 즉 대역폭 할당이 각 성능척도에 미치는 영향을 분석하였다.

## 2. 트래픽 모델링

본 연구에서 다루고자 하는 종합정보통신망은 구조면에서 그림1과 같은 완전연결되고 대칭인(*fully connected & symmetric*) 비계층적 구조이고 양방향 네트워크이며, 회선교환 트래픽과 패킷교환 트래픽을 서비스 한다. 이 구조는 실제적인 통신망과는 차이가 있다. 그렇지만 통신망이 물리적으로는 완전 연결이나 논리적으로는(*logically*) 완전연결 구조로 볼 수 있으므로 본 모형을 통신망 분석에 적용할 수 있다[2,7]. 본 연구에서 다루고 있는 통신망은 노드의 수가  $M$ 개이고 링크의 수는  $E(=MC_2)$ 개이다. 이때 한 링크는 모두  $n$ 개의 채널로 구성되어 있다. 그리고, 한 링크에 대한 외부로 부터의 도착과정은 회선교환 트래픽의 경우 모수  $\lambda_1$ 인 포아송 과정을 따른다고 가정하고, 패킷교환 트래픽의 경우는 모수  $\lambda_2$ 인 포아송 과정을 따른다고 가

정한다. 또한, 채널의 트래픽 전송시간은 모수  $\mu$  인 지수분포를 따른다고 가정한다.



<그림1> 완전연결, 대칭인 비계층적 통신망

본 연구에서 다루는 종합정보 통신망은 다음의 운영 프로토콜이 사용된다.

- (1) 경로배정 절차(우회경로 허용) : 콜(call)은 일단 직접경로에 배정된 후, 그 경로내의 채널이 모두 사용중이면  $m(=M-2)$ 개의 우회경로에 순차적으로 배정된다. 단, 우회경로는 회선교환 트래픽에만 허용되며, 패킷교환 트래픽에는 직접경로만이 허용된다[9].
- (2) 대역폭 할당(bandwidth allocation) : 한 링크내의  $n$ 개의 채널 중에서  $n_1$ 개의 채널은 두 가지의 트래픽이 모두 사용할 수 있으나  $(n-n_1)$ 개의 채널은 패킷교환 트래픽만이 사용한다. 이때  $n_1$ 개의 채널에 대해서는 회선교환 트래픽이 사용하지 않는 채널만을 패킷교환 트래픽의 처리에 사용하게 된다. 이와 같은 프로토콜을 *movable boundary scheme*이라 한다[9].
- (3) 대기손실 시스템(wait-loss system) : 패킷교환 트래픽은 채널이 모두 사용중이면 버퍼에 대기하게되며, 회선교환 트래픽은 직접경로와 우회경로의 가용채널이 모두 사용중이면 손실된다[10].

본 연구에서 사용된 기호들은 다음과 같다.

$P_C$  : 한 노드쌍에 대한 회선교환 트래픽의 *EEBP*

$P_P$  : 버퍼의 부족으로 인한 패킷교환 트래픽의 손실확률(*loss probability*)

$w$  : 패킷교환 트래픽의 시간지연의 기대값

$w_q$  : 패킷교환 트래픽의 버퍼에서의 평균 대기시간

$L_q$  : 패킷교환 트래픽의 버퍼에서의 평균 대기패킷수

$M$  : 네트워크를 이루는 노드의 수

$m$  : 회선교환 트래픽에 허용되는 우회경로의 수

$n$  : 한 링크를 이루는 채널수

$n_1$  : 한 링크를 이루는 채널수 중에서 회선교환 트래픽, 패킷교환 트래픽이 모두 사용할 수 있는 채널수

$n_2$  : 한 링크를 이루는 채널수 중에서 패킷교환 트래픽만이 사용할 수 있는 채널수

$R$  : 경로내 가용 채널이 모두 사용중일 때 패킷이 대기할 수 있는 버퍼의 수

$(i,j)$  : 한 링크의 상태 ( $i$  :  $n_1$ 개 채널에서 처리중인 콜의 수,  $j$  :  $n_2$ 개 채널에서 처리중이거나 버퍼에 대기중인 패킷교환 트래픽의 패킷수)

$P(i,j)$  : 링크의 상태가  $(i,j)$ 에 있을 정상상태 확률(*steady state probability*)

$\lambda_i$  :  $i$  링크에 대한  $\lambda$ ; 링크에 대한 외부로부터의 트래픽 도착률 ( $i=1,2$ )

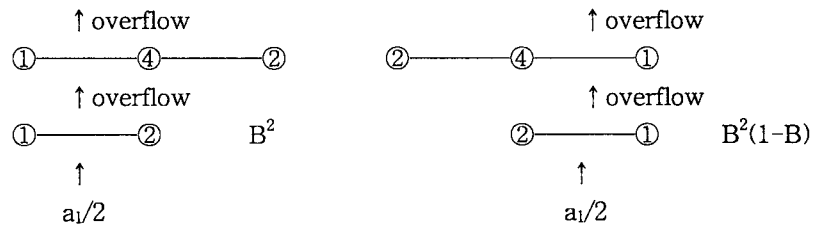


먼저  $\alpha_1$ 의 경우를 보면, 직접 배정된 트래픽으로 인한 1번 과부하되는 트래픽이므로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\alpha_1 = a_1 \cdot \left[ \frac{(a_T^{n_1}/n_1!)}{\sum_{k=0}^{n_1} (a_T^k/k!)} \right] \quad (2)$$

이제  $\alpha_2$ 를 구해보자. 두 번 과부하되는 경우는 그림3과 같이 2 가지 경우가 존재하며 ①-④ 링크가 그림3에서 (a), (b)경우로 두번씩 쓰이므로 다음 식이 성립된다.

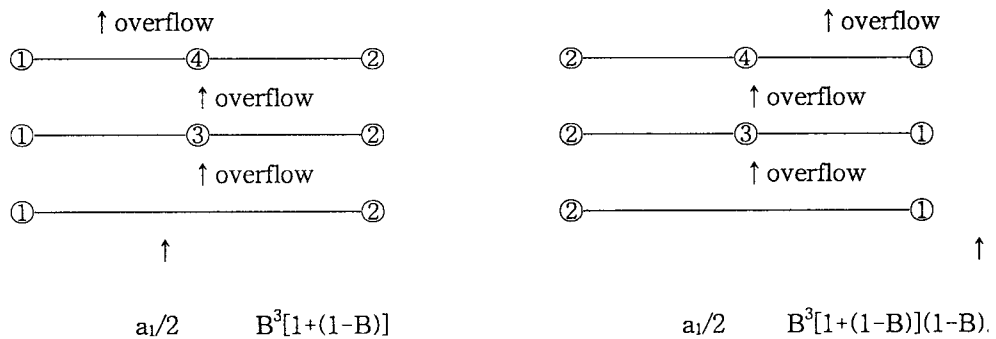
$$\alpha_2 = a_1 \cdot B^2[1+(1-B)] \quad (3)$$



<그림3> 1 번째 우회경로로 쓰이는 경우

마지막으로  $\alpha_3$ 을 구해 보자. 다음 그림4의 두 가지 경우가 존재하며 ①-④ 링크가 각 경우로 두 번씩 쓰이므로 다음 식이 성립한다.

$$\alpha_3 = a_1 \cdot B^3[1+(1-B)][1+(1-B)] \quad (4)$$



<그림4> 2 번째 우회경로로 쓰이는 경우

1개의 링크에서 유발되는 총 과부하 트래픽은 다음과 같이 생각할 수 있다.

$$\alpha = a_T \cdot B \quad (5)$$

식 (2), (3), (4), (5)를 식(1)에 대입하여 정리하면 다음과 같은 근사식이 유도된다.

$$a_T = a_1 [1 + B(1 + (1 - B)) + B^2 \{1 + (1 - B)\} (1 + (1 - B))] \quad (6)$$

이제  $M$ 노드의 경우로 확장시켜 보면 다음 근사식이 성립한다.

$$\begin{aligned} a_T &= a_1 [1 + B(1 + (1 - B)) + B^2 \{1 + (1 - B)\} \\ &\quad + B^3 \{1 + (1 - B)\} \{1 + (1 - B) + (1 - B)^2\} + \dots \\ &\quad + B^{M-2} \{1 + (1 - B)\} \{1 + (1 - B) + \dots + (1 - B)^{M-3}\}] \\ &= a_1 \left[ 1 + \{1 + (1 - B)\} \left\{ \sum_{k=1}^{M-2} B^{k-1} (1 - (1 - B)^k) \right\} \right] \end{aligned} \quad (7)$$

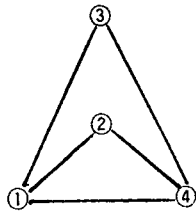
이제 *EEBP* 분석에 대해서 살펴보기로 한다. *EEBP*란 링크의 불가용도 즉, 한 링크에 도착한 하나의 콜이 가용경로의 채널이 모두 사용중이어서 손실될 확률이다. 먼저 4노드 네트워크의 경우 *EEBP*를 구해보면 다음 그림5에서 보는 바와 같이 식(8)으로 나타낼 수 있다.

$$P_C = B^3 \{1 + (1 - B) + (1 - B)^2\} \quad (8)$$

이것을  $M$ 노드 네트워크의 경우로 확장하여 보면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} P_C &= B^{M-1} \{1 + (1 - B) + (1 - B)^2 + \dots +\} \\ &= B^{M-2} \{1 - (1 - B)^{M-1}\} \end{aligned} \quad (9)$$

이때, 여기서  $B = B(n_1, a_T)$ 이다.



End to End Blocking 발생				
overflow 링크			가용 링크	
①-④	①-②	①-③	고려 안함	
①-④	①-②	③-④	①-③	
①-④	②-④	③-④	①-②	①-③

<그림5> 4 노드 네트워크의 *EEBP*분석

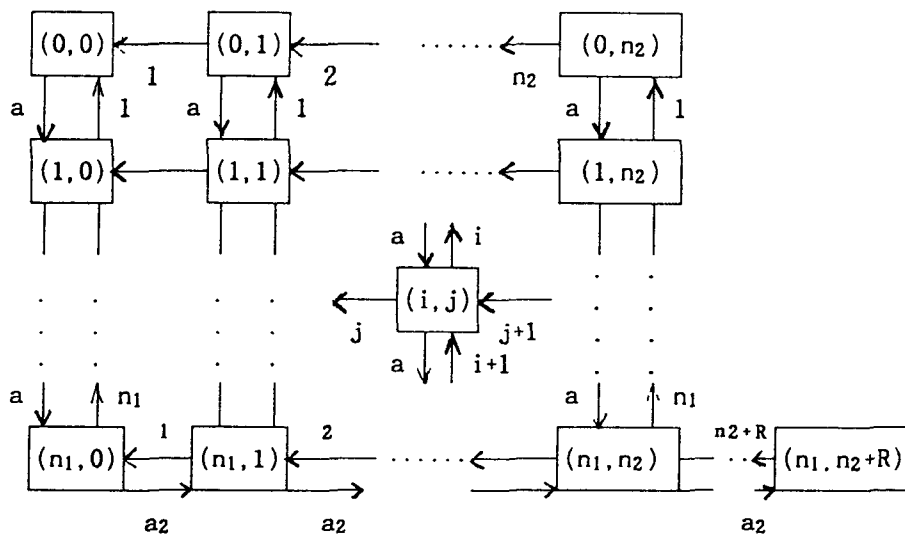
기존의 *Yum & Schwartz*(1987)의 연구, 시뮬레이션 결과와 본 연구의 결과를 비교하면 다음 그림6과 같다. *Schwartz*의 식과 본 연구의 결과식의 해는 *Secant Method*를 사용하여 구하였다. 시뮬레이션은 *SIMAN*으로 수행되었으며 각각의 경우 십만 단위시간씩 수행하였다. <표1>에서 나타난 바와 같이 본 연구의 결과가 기존의 *Yum & Schwartz*식의 결과 보다 시뮬레이션 결과에 훨씬 근접함을 알 수 있다.

<표1>회선교환 트래픽에 따른 *EEBP* 분석 결과비교(단위:Erlang)

트래픽(Erlang)	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
모의실험	0.035	0.193	0.302	0.396	0.417	0.532	0.574	0.603	0.611	0.619
Schwartz식	0.013	0.051	0.138	0.208	0.299	0.346	0.386	0.417	0.437	0.451
논문의 식	0.098	0.192	0.295	0.354	0.393	0.418	0.452	0.509	0.551	0.596

4. 패킷교환 트래픽의 성능 분석

본 연구에서 다루고 있는 통신망은 완전연결 대칭인 비계층적 구조의 네트워크이다. 따라서 정상상태에서 1 링크의 상태를 표현할 수 있다면 네트워크상의 다른 링크의 상태 또한 동일하게 표현할 수 있다. 또한 패킷교환 트래픽에는 직접 경로만이 허용된다. 그러므로 패킷교환 트래픽의 시간지연 분석을 위해서는 네트워크상의 1 링크에 대한 확률모형이 필요하게 된다. 1 링크에 대한 확률 모형은 다음 그림6의 상태 전이도(state transition diagram)를 갖는 2차원 탄생 사망 모형(birth and death model)으로 모형화 할 수 있다.



<그림6> 1 링크의 상태 전이도

상태 전이도를 이용하여 상태 방정식을 세워보면 다음과 같다.

$$(a + i + j)P(i, j) = aP(i-1, j) + (i+1)P(i+1, j) + (j+i)P(i, j+1) \quad (i < n_1, j < n_2) \quad (10)$$

$$(a_2 + n_1 + j)P(n_1, j) = aP(n_1-1, j) + a_2P(n_1, j-1) + (j+i)P(n_1, j+1) \quad (i = n_1, j < n_2) \quad (11)$$

$$(a + i + n_2)P(i, n_2) = aP(i-1, n_2) + (i+1)P(i+1, n_2) \quad (i < n_1, j = n_2) \quad (12)$$

$$(a_2 + n_1 + n_2)P(n_1, n_2) = aP(n_1-1, n_2) + a_2P(n_1, n_2-1) + (n_1 + n_2)P(n_1, n_2+1) \quad (i = n_1, j = n_2) \quad (13)$$

$$(a_2 + n_1 + n_2)P(n_1, n_2 + k) = a_2P(n_1, n_2 + k-1) + (n_1 + n_2)P(n_1, n_2 + k+1) \quad (i = n_1, j = n_2 + k, 0 < k < R) \quad (14)$$

$$(n_1 + n_2)P(n_1, n_2 + R) = a_2P(n_1, n_2 + R-1) \quad (i = n_1, j = n_2 + R) \quad (15)$$

식 (14), (15)만 보면, 시간가역 과정(time reversible process)이므로 다음 식이 성립함을 알 수 있고, 이를 확장하면 식 (17)으로 나타낼 수 있다.

$$a_2P(n_1, n_2) = (n_1 + n_2)P(n_1, n_2 + 1) \quad (16)$$

$$P(n_1, n_2 + k) = \{a_2 / (n_1 + n_2)\}^k P(n_1, n_2) \quad (0 \leq k \leq R) \quad (17)$$

위 상태 방정식을 이항 모멘트 식(Zhao & Gambe, 1987)으로 풀면 다음과 같다.

$$P(i, j) = \sum_{k=j}^{n_2} (-1)^{k-j} \binom{k}{j} \sigma_k(i, a) \left[ \left\{ \sigma_0(n_1, a) - \frac{\sigma_0(n_1, a)D(n_2)}{1 + D(n_2)E(n_2)} E(k) \right\} \right] \quad (18)$$

$$(i=0, 1, 2, \dots, n_1-1, j=0, 1, 2, \dots, n_2-1)$$

여기서,

$$\sigma_k(i, a) = \sum_{x=0}^i \binom{x+k-1}{x} \frac{a^{i-x}}{(i-x)!}, \quad \sigma_0(n_1, a) = a^{n_1}/n_1!$$

$$D(n_2) = \frac{\sigma_0(n_2, a_2)}{\sigma_{n_2+1}(n_1, a)}, \quad E(k) = \sum_{m=1}^k \binom{n_2}{m-1} \frac{\sigma_m(n_1, a)}{\sigma_0(m-1, a_2)}$$

$$P(n_1, n_2) = \frac{\sigma_0(n_2, a_2)\sigma_0(n_1, a)}{\sigma_{n_2+1}(n_1, a) + \sigma_0(n_2, a_2) \sum_{m=1}^{n_2} \binom{n_2}{m-1} \{\sigma_m(n_1, a)/\sigma_0(m-1, a_2)\}} \quad (19)$$

$$P(n_1, n_2+k) = \left(\frac{a_2}{n_1+n_2}\right)^k \cdot P(n_1, n_2) \quad (k=0, 1, 2, \dots, R) \quad (20)$$

시간지연이란 하나의 패킷이 외부로부터 한 링크에 도착하여 성공적으로 전송될 때까지 시간의 기대값을 말한다. 시간지연 분석을 위해 먼저 패킷교환 트래픽의 평균 대기패킷수를 구한다.

$$L_q = \sum_{k=1}^R k \cdot P(n_1, n_2+k) = \sum_{k=1}^R k \cdot \rho^k \cdot P(n_1, n_2)$$

$$= P(n_1, n_2) \{ \rho(1-\rho^R)/(1-\rho)^2 - R\rho^{R+1}/(1-\rho) \} \quad (21)$$

Little의 식을 이용하면 평균 대기 시간은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$W_q = L_q/\lambda_2 \quad (22)$$

시간지연은 평균 대기시간과 평균 전송시간과의 합으로 나타낼 수 있다. 따라서 시간지연은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$W = W_q + 1/\mu$$

$$= \frac{1}{\lambda_2} \left[ P(n_1, n_2) \left\{ \frac{\rho(1-\rho^R)}{(1-\rho)^2} - \frac{R\rho^{R+1}}{(1-\rho)} \right\} \right] + \frac{1}{\mu} \quad (23)$$

통신망상에서 패킷교환 트래픽의 대기장소인 버퍼가 충분하지 못한 경우, 패킷교환 트래픽의 손실을 생각해 볼 수 있다. 이때 패킷교환 트래픽의 손실은 링크의 상1태가  $(n_1, n_2+R)$ 일 때 발생하므로 패킷교환 트래픽의 손실확률(loss probability)은 식 (20)의 결과를 이용하면 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$P_P = P(n_1, n_2+R) = \{a_2/(n_1+n_2)\}^R \cdot P(n_1, n_2) \quad (24)$$



다음은 위에서 구한 식들을 이용하여 트래픽의 유형에 따른 성능 평가척도를 구해보고 그 결과를 이용하여 통신망의 설계시 중요 결정인자의 하나인 대역폭 할당과 회선교환 트래픽, 패킷교환 트래픽의 도착률 비가 통신망의 성능에 미치는 영향에 대해서 알아본다. 먼저 대역폭 할당은 식 (7), (23)을 통해 회선교환 트래픽의 *EEBP*, 패킷교환 트래픽의 시간지연에 모두 영향을 준다는 사실을 <표2>에서 알 수 있다. <표2>의 결과는  $a_1=30 Erlangs$ ,  $a_2=30 Erlangs$ ,  $n=40$ ,  $R=\infty$ 로 가정하였다. 또한 회선 교환 트래픽, 패킷교환 트래픽의 도착률 비가 통신망의 성능변화에 미치는 영향에 대해서 알아보자. 운용 프로토콜상 패킷교환 트래픽의 도착률은 회선교환 트래픽의 성능에 영향을 미치지 않음을 식(9)을 통해 알 수 있다. 반면에 식(19),(23)를 통해 회선교환 트래픽의 도착률은 패킷교환 트래픽의 시간지연에 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 그 결과는 <표3>과 같다. 이때  $a_2=40 Erlangs$ ,  $n=40$ ,  $n_1=30$ ,  $n_2=10$ ,  $R=\infty$  로 가정하였다.

<표2>대역폭 할당에 따른 통신망 성능의 변화

대역할당비	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
시간 지연	12.01	11.53	11.36	11.21	11.19	11.07	10.97	10.89	10.82	10.76
EEBP	0.267	0.391	0.464	0.523	0.562	0.581	0.590	0.594	0.596	0.597

<표3>도착률 비에 따른 통신망 성능 변화

도착률비	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
지연시간	10.62	10.74	10.93	11.58	11.76	11.84	11.89	11.93	11.96	11.98

### 5. 결론

지금까지의 다원 트래픽의 성능분석은 1 링크 통신의 경우에 주로 분석되었다. 그러나 본 연구에서는 비계층적 구조를 갖는 통신망 상에서 다원 트래픽 성능 분석을 수행하였다. 본 연구에서 구한 *EEBP*와 시간 지연은 회선교환 트래픽, 패킷교환 트래픽 사용자에게 대한 서비스 수준 지표로 사용될 수 있으며, 통신망 설계시 그 값의 최소화가 목표함수로 이용될 수 있을 것이다. 또한 유도된 성능평가 척도식을 이용하면 그 영향인자를 체계적으로 인지할 수 있다. 본 연구의 결과를 응용하여 확장할 수 있는 연구 분야는 원하는 서비스 수준을 만족시키며 각 성능을 극대화하는 대역폭을 결정하는 문제에 응용할 수 있다. 또한 회선교환 트래픽의 접근제어 문제이다. 이는 회선교환 트래픽이 패킷교환 트래픽의 시간 지연에 미치는 영향을 고려하여 원하는 패킷교환 트래픽의 시간지연값을 얻기 위하여 회선교환 트래픽의 접근을 외부에서 제어하는 문제이다. 최적제어 변수값을 찾기 위해서는 본 연구와 같은 성능분석이 선행되어야한다. 손실확률을 줄일 수 있는 최적 버퍼수를 구할 수 있다. 마지막으로 과부하 트래픽의 특성인 *peakedness* 요소가 고려된 회선교환 트래픽의 도착과정 분석이다. 보다 정확한 분석을 위해서는 과부하 트래픽의 평균과 *peakedness* 요소가 모두 고려된 근사식의 개발이 요구된다.

### 참 고 문 헌

1. H.Akimaru and H.Takahashi, " An Approximate Formula for individual Call Losses in Overflow Systems ", *IEEE Trans. on Comm.*, Vol.31, No.6, pp.808-811, 1983
2. A.Fredericks, " Congestion in Blocking System a simple Approximation Technique ", *BSTJ*, Vol.59, No.6, pp.805-827, 1980

3. J.M.Holtzman, "The Accuracy of the Equivalent Random Method with Renewal Inputs" , *BSTJ*, Vol.52, No.9, pp.1673-1679, 1973
4. D.L.Jagerman, " Methods in Traffic Calculations " , *AT & T Bell Technical Journal*, Vol.63, No.7, Sep., pp.1283-1309, 1984
5. A.Kuczura, " Queues with Mixed Renewal and Poisson Inputs " , *BSTJ.*, Vol.51, No.6, pp.1305-1326, 1972
6. A.Kuczura, " The Interrupted Poisson Process as an Overflow Process " , *BSTJ.*, Vol.52, No.3, pp.437-449, 1973
7. K. S. Meir Hellstern, " The Analysis of a Queue Arising in Overflow Models " , *IEEE Trans. on Comm.*, Vol.37, No.4, pp.367-372, 1989
8. M.Schwartz, *Telecommunication Networks, Protocols, Modeling and Analysis*, Addison Wesley, 1987
9. T.G.Yum and M.Schwartz, " Comparison of Routings Procedures for Circuit Switched Traffic in Nonhierarchical Networks" , *IEEE Trans on Comm.*, Vol.35, No.5, pp.535-544, 1987
10. R.W.Wolff, *Stochastic Modeling and The Theory of Queues* , Prentice-Hall, 1989
11. Y.Zhao and E.Gambe, " Analysis on Partial Overflow Queueing Systems with Two Kinds of Calls " , *IEEE Trans. on Comm.*, Vol.35, No.9, pp.942-949, 1987
12. S. Q. Li and J. W. Mark, "Traffic Characterization for Intergrated Services Networks" , *IEEE Trans on Comm.*, pp.1231-1243, 1990
13. H. B. Sheng and S. Q. Li, "Spectral Anaysis of Packet Loss Rhe h a Statistical Multiplexer for Multimedia Services" , *IEEE ACM Trans. on Networking*, Vol.2, No.1, pp.53-65, 1994
14. J. Ye and S. Q. Li, " Anaysis of Multimedia Traffic Queues with Finite Buffer and Overload Control Part II : Applications" , *Proc. IEEE Infocom ' 92*, pp.848-859, 1992