

통신망에서의 모니터링 프로세서의 성능분석†

이창훈* · 홍정식** · 이경태***

Performance Analysis of Monitoring Processors of Communication Networks†

Chang Hoon Lie*, Jung Sik Hong** and Kyung Tae Lee***

Abstract

Monitoring processor in a circuit switched network is considered. Monitoring processor monitors communication links and offers a grade of service in each link to controller. Such an information is useful for an effective maintenance of system. Two links with asymmetric system parameters and multi-symmetric-links are respectively considered. Each link is to be an independent M/M/1/1 type.

Markov modelling technique is used to represent a model of monitoring processor with FCFS steering protocol. Performance measures considered are ratio of monitored jobs in each link, availability of monitoring processor and throughput of virtual processor in each link. The value of the performance measures are compared with existing and simulation results.

† 이 연구는 1992년도 한국과학재단 연구비 지원에 의한 결과임(과제번호 : 921-0900-022-1)

* 서울대학교 산업공학과

** 서울산업대학 산업공학과

***삼성전자 정보통신부문

1. 서론

통신시스템의 성능을 적정 수준 이상으로 유지, 보전한다는 것은 정보의 유실을 방지하고 사용자에게 고품질의 서비스를 제공한다는 관점 뿐만 아니라, 시스템 에러발생시 생길 수 있는 엄청난 손실에 대한 예방의 의미를 지닌다[5, 6, 12].

특히, 컴퓨터 통신 네트워크(computer communication network)에서는 정확한 데이터 전달 기능이 강조되고 있으므로 자체 검사 기능을 강화하고 있다. 패킷 교환망(packet switched network)에서처럼 데이터 정보 단위(packet)에 대한 에러 검출 기능이 갖추어지지 않는 회선교환망(circuit switched network)에서는 각 링크(link)나 모듈(module)에서의 기능이 적정 수준을 유지 하는지에 대한 샘플링(sampling)검사를 하고 있다[10, 12].

회선 교환망에서는 모니터링 프로세서(monitoring processor)라는 것이 있어서 각 링크에 대한 모니터링을 통해 링크의 서비스 수준(grade of service)을 정한다. 그리고 각 링크의 정비 보수에 대한 결정을 내리게 되는 여러 정보를 콘트롤러(controller)에게 제공한다. 이러한 일련의 과정을 모니터링 알고리즘이라 한다. 이는 전체 시스템의 성능을 유지, 보전하는데 중요한 역할을 한다[7, 11, 12].

모니터링 프로세서는 이러한 모니터링 기능을 담당하는 것으로서 시스템의 모든 링크에 설치가 된다면 매우 비효율적이다. 최근의 통신시스템의 고장의 개념이 고전적 의미의 개념과는 달라지고 있고, 시스템이 정지되는 치명적인 결함은 거의 발생하지 않기 때문에 하나의 모니터링 프로세서가 여러 개의 링크를 관

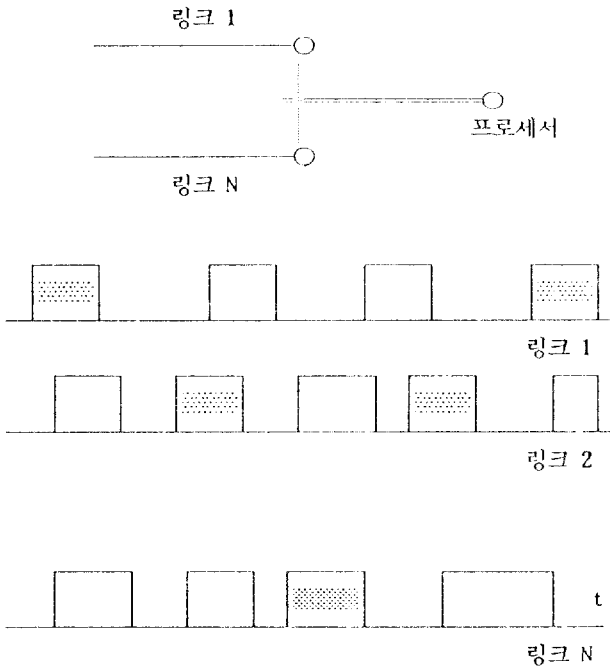
리하는 것이다[2, 7].

모니터링 알고리즘에 대한 분석은 주로 샘플링 방법(sampling method)에 관한 것이 주를 이루고 있고 최근에 와서 운영 프로토콜에 관한 분석이 Kazakos[7]에 의해 이루어졌다. 그러나 이는 수리적 모형에 의한 분석으로 매우 복잡하고, 성능척도에 대한 근사해를 구하였다. 그리고 이창훈 등이 Kazakos의 해를 도입하여 순환식을 이용한 모니터링 시간간격을 구하였다[1].

모니터링 과정을 특별한 대기모형의 입장에서 살펴보았을 때 이와 유사한 대기모형을 분석한 것으로는 Kingman[8]이 대기행렬에 있는 고객의 수에 기초한 동적 경로 배정 모형(dynamic routing model)에서 프로세서의 정상 분포(stationary distribution)를 처음으로 분석하였고, Flatto & Mckean[3]이 지수 봉사자(exponential server)를 가지는 모형을 결합 마코프 체인(joint markov chain)이 정상확률에 대한 생성함수(generating function)로 표현하였다. 그러나 이 표현은 매우 복잡하고 원래 모형의 매개 변수인 λ 와 μ 로 해석하기 어렵다. Foschini & Slazi[4]가 같은 모형을 고부하 확산 근사(heavy traffic diffusion approximation)를 사용하여 분석하였고, Knessel[9]이 각 대기행렬에 있는 고객의 수와 관계없이 근사시키는 모형을 개발하였다. 이러한 대기모형은 현실 모형에 근접한 모형으로 두개의 링크에 대한 분석의 가정에도 불구하고 현실 모형의 특성들을 잘 반영해 주고 있다고 할 수 있다.

2. 모니터링 과정의 모형화

본 연구에서 다루는 일반적인 모니터링 과정은 [그림 1]과 같이 N개의 링크와 하나의 모니터링 프로세서로 구성된다. 이때 프로세서는 FCFS 운영 프로토콜에 의해 각 링크에서의 서비스 상태를 모니터링하게 된다. 이 프로토콜 하에서는 다음과 같이 작동한다.



[그림 1] 모니터링 프로세서의 작동시간흐름도 (FCFS 운영 프로토콜)

프로세서가 휴지(idle) 상태일 때 먼저 도착하는 링크의 서비스 시작과 동시에 모니터링 업무를 시작하여 서비스가 끝날 때까지 계속한다. 프로세서는 한 링크의 모니터링 업무를 수행하는 동안에는 다른 링크에 도착한 작업에 의해 절대로 방해받지 않으며, 휴지 상태에서 처음 도착한 작업에 대한 링크의 모니터링 업무를 수행한다.

[그림 1]은 모니터링 프로세서의 작동 과정

을 시간 흐름에 따라 나타낸 것이다. [그림]에 표시된 부분은 모니터링되는 작업이다. 이는 단일 봉사자(single server)에 의해 순서대로 서비스를 받는 다중 대기 행렬의 순환 봉사자 시스템(cyclic server system)과 유사하다. 그러나 프로세서의 모니터링 기능이 각 링크의 서비스 시간과 동일하고 또한 모니터링되지 않는 작업이 있기 때문에 순환 봉사자 시스템과는 다른 독특한 시스템을 형성하게 된다.

본 연구에서는 일반적인 모니터링 과정을 마코프 모형으로 정의하여 분석하고자 한다. 또한, 프로세서의 성능 척도를 다음과 같이 두하고자 한다.

1. m : 각 링크에서 모니터링 되는 작업의 비율
2. $E[W]$: 각 링크에서의 모니터링 되는 기대 시간 간격(expected inter-monitoring time)
3. S : 각 링크에서 가상의 모니터링 프로세서의 가동율

본 연구에서 각 링크에서의 호(call)의 도착은 포아송(Poisson)이며, 각 호들의 길이도 또한 지수 분포를 따른다. 그리고 회선교환망의 특징상 대기는 허용하지 않는다. 본 연구에 사용되는 기호들은 아래와 같다.

기호

$\bar{S} = (S_1, \dots, S_N)$ 의 N차원 상태 변수

$$S_i = \begin{cases} 0 & i \text{ 링크 휴지 상태} \\ 1 & i \text{ 링크 모니터링 상태} \\ 2 & i \text{ 링크 작동하나 모니터링되지 않음} \end{cases}$$

$\bar{T} = (T_1, T_2)$ 의 2차원 상태 변수

$$T_i = \begin{cases} 0 & \text{프로세서 휴지 상태} \\ 1 & \text{프로세서 작동 상태} \end{cases}$$

$T = 1 \dots N$ 링크

$P_s(t)$: t시점 상태 확률

P_s : $P_s(t)$ 의 극한 확률

C_s : S상태의 순환 시간(cycle time)

\bar{N}_s : S상태 순환 시간동안 프로세서의 휴지 기대 횟수

W_i : i링크 모니터링 시간간격

$E[W_i]$: 모니터링 시간간격의 기대값

U_i : i링크에서의 프로세서 가동 시간

m_i : i링크에서의 모니터링 되는 비율

P_i : i개의 작업이 있을 때 모니터링되는 상태의 극한 확률

Q_i : i개의 작업이 있을 때 모니터링되지 않는 상태의 극한 확률

M : 모니터링 프로세서의 가동율

M_i : i링크가 모니터링되는 비율

λ_s : S상태의 전이율

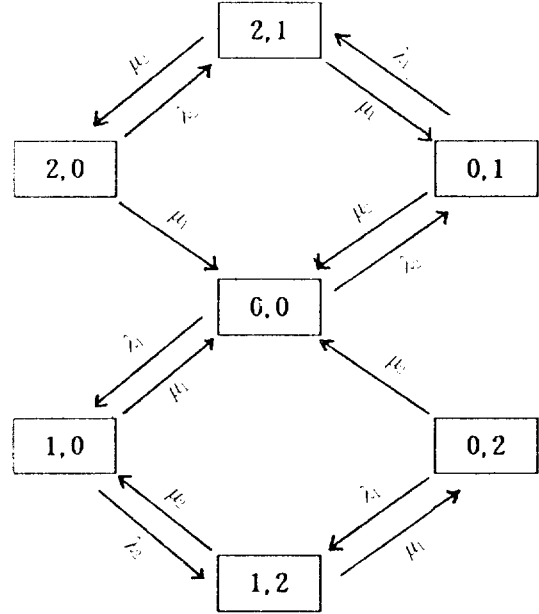
λ_i : i링크에서의 도착율

μ_i : i링크에서의 서비스율

$\rho_i = \lambda_i / \mu_i$

P_{ji} : 안정 상태(steady state)에서 j링크를 모니터링한 후 i링크를 모니터링하는 전이 확률

e_{ji} : 안정 상태에서 j링크를 모니터링한 후 i링크를 모니터링하기까지 기대 휴지(idle)시간



[그림 2] N=2의 상태 전이도

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} (0,2) & (1,2) & (1,0) & (0,0) & (0,1) & (2,1) & (2,0) \end{matrix} \\ \begin{matrix} (0,2) \\ (1,2) \\ (1,0) \\ (0,0) \\ (0,1) \\ (2,1) \\ (2,0) \end{matrix} & \begin{pmatrix} -(\lambda_1 + \mu_2) & \lambda_1 & & & & & \mu_2 \\ \mu_1 & -(\mu_1 + \mu_2) & & & & & \mu_2 \\ & & \lambda_2 & -(\lambda_2 + \mu_1) & & & \mu_1 \\ & & & \lambda_1 & -(\lambda_1 + \lambda_2) & & \lambda_2 \\ & & & & \mu_2 & -(\lambda_1 + \mu_2) & \lambda_1 \\ & & & & & \mu_1 & -(\mu_1 + \mu_2) & \mu_2 \\ & & & & & & \mu_1 & \lambda_2 & -(\lambda_2 + \mu_1) \end{pmatrix} \end{matrix}$$

3. 두개의 링크에 대한 분석

본 모형을 마코프 과정으로 모델링하면 시스템 매개변수 λ 와 μ 로 나타낼 수 있다. N=2인 경우의 생성행렬 A는 아래와 같고 상태전이도는 [그림 2]와 같다.

[그림 2]의 상태 전이도를 바탕으로 균형 방정식을 구하여 풀면 아래와 같은 극한 확률을 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 P_s = & [P_{12}, P_{13}, P_{10}, P_{01}, P_{02}, P_{03}] \\
 = & \left[\frac{\lambda_1 \lambda_2 \mu_1}{(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_2 + \mu_2)(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_1 + \mu_2)}, \right. \\
 & \frac{\lambda_1 \lambda_2 (\lambda_1 + \mu_1)}{(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_2 + \mu_2)(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_1 + \mu_2)}, \\
 & \frac{\lambda_1 (\lambda_1 \mu_2 + \mu_1 \mu_2 + \mu_1^2)}{(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_2 + \mu_2)(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_1 + \mu_2)}, \\
 & \frac{\mu_1 \mu_2}{(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_2 + \mu_2)}, \\
 & \frac{\lambda_2 (\lambda_2 \mu_1 + \mu_1 \mu_2 + \mu_1^2)}{(\lambda_2 + \mu_2)(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_1 + \mu_2)}, \\
 & \left. \frac{\lambda_1 \lambda_2 (\lambda_2 + \mu_1)}{(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_2 + \mu_2)(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_1 + \mu_2)}, \right. \\
 & \left. \frac{\lambda_1 \lambda_2 \mu_2}{(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_2 + \mu_2)(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_1 + \mu_2)} \right].
 \end{aligned}$$

이 확률들을 이용하여 앞에서 정의한 성능 척도들을 구할 수 있다. 각 링크의 모니터링율 M_i 는

$$\begin{aligned}
 M_i = & \sum_{s=i\text{번째 } T_i \text{ 이 있는 상태}} P_s \\
 = & P_{12} + P_{13} \quad (i=1 \text{인 경우})
 \end{aligned} \tag{1}$$

이고, 프로세서의 가동율 M 은

$$\begin{aligned}
 M = & \sum_{s=1\text{이 있거나 } 0\text{인 상태}} P_s \\
 = & \sum M_i \\
 = & P_{12} + P_{13} + P_{01} + P_{02}
 \end{aligned} \tag{2}$$

이며, 각 링크에서 모니터링되는 비율 m_i 는

$$m_i = M_i \cdot (1 + \rho_i) / \rho_i \tag{3}$$

이다. 그리고 각 링크에서 가상의 프로세서의 가동율을 수율(throughput) S 로 두면

$$S_i = E[U_i] / E[W_i] \tag{4}$$

이다. 이를 구하기 위해 먼저 $E[W_i]$ 와 $E[U_i]$

를 마코프 모형에 의한 접근 방법을 사용하여 유도하여 보자.

앞에서 구한 극한 확률을 사용하면, 각 상태에 대한 순환 시간을 구할 수 있다. 여기에서 순환 시간이란 어떠한 한 상태를 떠나서 다시 그 상태를 방문하는데 소요되는 시간을 의미한다. 그러나 본 시스템에서의 모니터링 시간간격은 [그림 2]에서 알 수 있듯이 임의의 (1,0)(1,2) 상태를 떠나서 임의의 (1,0)(1,2)로 돌아오는 시간이 모니터링 시간 간격이 되기 때문에 분석의 어려움이 있다.

마코프 체인이 불가분 귀류적(irreducible recurrent)이면 $V=VQ$ 에서 각 상태에 돌아올 순환 시간을 구할 수 있다[13]. Q 는 전이 확률 행렬로서 A 에서 구할 수 있다.

$$C_j = \frac{1}{V_j} \sum_{i \in E} \frac{V_i}{\lambda_i} \tag{5}$$

여기서 $V_j = \lambda_j P_j$, $j \in E$ 이고 i, j 는 시스템 상태 변수를 나타내는 벡터이다. 그리고 여기서 λ_i 는 각 상태의 전이율이 된다. 그러므로 앞에서 구한 극한 확률 P_s 를 이용하여 V_j 를 바로 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 C_i = & \frac{1}{\lambda_i P_i} \sum_{j \in E} \frac{\lambda_j P_j}{\lambda_j} \\
 = & \frac{1}{\lambda_i P_i} \sum_{j \in E} P_j \\
 = & \frac{1}{\lambda_i P_i}
 \end{aligned}$$

[성질 1] 각 링크의 모니터링 시간 간격은

$$1/m_i (1/\lambda_i + 1/u_i) \tag{6}$$

이다.

증명 : 모니터링 프로세스는 상태 전이도 [그림 2]의 (1,0)(1,2)상태를 떠나서 (1,0)(1,2)의 상태로 돌아오는 시간이 모니터링 시간 간격이다. 그런데 (0,2)상태는 모니터링된 후 빠져 나오기만 하는 상태로서 일반적인 N개의 링크를 갖는 시스템에서도 이러한 상태는 존재한다. 그래서 아래 그림과 같이 (0,2)상태의 순환 시간을 모니터링한 후 프로세서가 휴지 하는 기대 횟수로 나누어 줌으로서 모니터링 시간 간격을 구할 수 있다.

$$E[N_{ik} | = P_{jk} \frac{V_j}{V_i}$$

여기서 N_{ik} 는 i에서 다시 i로 돌아올 동안 j에서 k로의 전이횟수이다[14]. 그러므로 모니터링 시간 간격은

$$E[W_1] = C_{02} / [P_{1000} \frac{V_{10}}{V_{02}} + 1]$$

이다. P_{1000} 는 생성행렬 A에서 구할 수 있는 전이 확률이다. 여기서 $E[W_1]$ 을 앞에서 구한 극한 확률로 바꾸면

$$\begin{aligned} E[W_1] &= \frac{1}{P_{10} + P_{12}} \times \frac{1}{\mu_1} \\ &= \frac{P_{10} + P_{12} + P_{21} + P_{20}}{(P_{10} + P_{12})(P_{10} + P_{12} + P_{21} + P_{20})} \times \frac{1}{\mu_1} \\ &= \frac{\rho_1 / (\rho_1 + 1)}{M_1} \times \frac{1}{\rho_1 / (\rho_1 + 1)} \times \frac{1}{\mu_1} \\ &= \frac{1}{m_1} \left[\frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\lambda_1} \right]. \blacksquare \end{aligned}$$

그러므로 각 링크의 모니터링되는 비율을 알

면 모니터링 시간 간격을 알 수 있다. 또한 수율 S는 i링크에 있는 가상의 프로세서의 가동율로 정의 하였었다. 즉 $E[U_i]$ 는 각 링크에서의 작업당 프로세서에 의해 모니터링되는 기대 시간이다.

[성질 2] $E[U_i]$ 는 $1/\mu_i$ 이다.

증명 : (0,2)상태의 순환 시간 동안 모니터링되는 총시간을 앞에서 구한 기대 횟수로 나누면 된다. 순환 시간 동안 (1,0)(1,2) 상태에 머무르는 시간이 순환 시간 동안 모니터링되는 총 시간이 된다. 이는

$$\left[\frac{V_{10}}{V_{02}} \frac{1}{\lambda_{10}} + \frac{V_{12}}{V_{02}} \frac{1}{\lambda_{12}} \right]$$

로 나타낼 수 있다[13]. 그러므로 $E[U_i]$ 는

$$\left[\frac{V_{10}}{V_{02}} \frac{1}{\lambda_{10}} + \frac{V_{12}}{V_{02}} \frac{1}{\lambda_{12}} \right] / \left[P_{1000} \frac{V_{10}}{V_{02}} + 1 \right] = 1/\mu_1. \blacksquare$$

위의 증명을 이용하면 앞에서 정의한 수율 S는 각 링크의 모니터링율과 같음을 알 수 있다. 그러므로, 본 시스템의 성능 척도들은 M_i 를 구함으로써 시스템 특성들을 파악할 수 있다.

4. 동일한 다중링크에 대한 분석

일반적인 모니터링 과정인 N개의 링크를 고려한 시스템을 마코프 과정으로 정의하면 상태

변수의 개수가 지수적으로 늘어 난다. 또한 서로 다른 시스템 매개변수를 가지는 N개의 링크를 고려한 시스템은 $2^N \cdot (N+2) - 1$ 개의 균형 방정식과 $\sum P_i = 1$ 의 연결 방정식을 풀어야 하는데 이의 일반적인 해를 표현하기 힘들다. 그래서 본 연구에서는 링크가 N개고 시스템 매개변수가 $\lambda_i = \lambda$, $\mu_i = \mu$ 인 경우의 모니터링 과정을 분석하고자 한다. 이는 전화국이 지역 단위가기 때문에 동일 집단을 상대로 통신 서비스를 제공하는 일반적인 모형으로서 의미가 있다. [그림 2]의 상태 전이도를 바탕으로 N링크를 갖는 모니터링 과정을 유추할 수 있으며 이를 균형 방정식으로 나타내면 다음과 같다.

$$[(N-1)\lambda + \mu]P(1) = (N-1)\mu P(2) + \lambda Q(0), \quad i=1 \tag{7}$$

$$[(N-i)\lambda + i\mu]P(i) = (i-1)\lambda P(i-1) + (N-i)\mu P(i+1) + \lambda Q(i-1), \quad 2 \leq i \leq N-1 \tag{8}$$

$$N\mu P(N) = (N-1)\lambda P(N-1) + \lambda Q(N-1), \quad i=N \tag{9}$$

$$N\lambda Q(0) = N\mu Q(1) + N\mu P(1), \quad i=0 \tag{10}$$

$$[(N-i)\lambda + i\mu]Q(i) = (N-i)\mu Q(i+1) + (N-i)\mu P(i+1), \quad i \leq i \leq N-2 \tag{11}$$

$$[\lambda + (N-1)\mu]Q(N-1) = \mu P(N), \quad i=N-1 \tag{12}$$

앞의 균형 방정식을 $Q(i)$ 에 관해서 정리하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} & [(N-i-1)\rho + (i+1)] [\rho + i / (N-i)] + i\rho - \rho^i \\ & Q(i) + (N-i-1)Q(i+2) \\ & = i\rho [\rho + (i+1) / (N-i-1)] Q(i-1) + \\ & 2 [(N-i-1)\rho + (i+1)] Q(i+1) \end{aligned} \tag{13}$$

그러나 이 식은 4차의 차분 방정식이 되어 전개하기가 난해하다. 그래서 모니터링 프로세서의 작동 특성상 쉽게 알 수 있는 다음의 값

들을 (11)식에 대입하여 정리한다.

$$P(N) = \frac{1}{N} \left[\frac{\rho}{1+\rho} \right]^N \tag{14}$$

$$Q(0) = \left[\frac{1}{1+\rho} \right]^N \tag{15}$$

$$Q(N-1) = \frac{1}{N(\rho+N-1)} \left[\frac{\rho}{1+\rho} \right]^N \tag{16}$$

$$= {}_N C_N \left[\frac{\rho}{1+\rho} \right] \left[\frac{1}{1+\rho} \right]^N \tag{17}$$

식(14)는 N개의 모든 링크에 작업이 있고 임의의 한 링크가 모니터링될 확률이다. 여기서 N개의 모든 링크에 작업이 있을 확률은

$${}_N C_N \left[\frac{\rho}{1+\rho} \right]^N \tag{18}$$

이다[14]. 또한 임의의 한 링크가 모니터링될 확률은 $1/N$ 이다. 이는 모니터링 과정의 특성상 N개의 링크 모두에 작업이 있으면 반드시 프로세서는 임의의 링크를 모니터링하기 때문이다. 식(15)는 반대로 어떠한 링크에도 작업이 없는 경우이며 식(16)은 식(14)와 식(12)를 곱것이다. 식(17)은 i개의 링크에 작업이 있을 확률이다. 좌변 식은 이러한 상태 변수들의 총합을 나타낸다. (17)식을 정리하면 다음과 같다.

$$Q(i) + iP(i) = \left[\frac{\rho}{1+\rho} \right]^i \left[\frac{1}{1+\rho} \right]^N \tag{19}$$

(11)식을 정리하여 (19)식에 대입하면 다음과 같은 1차의 차분 방정식이 된다.

$$\begin{aligned} Q(i) &= \frac{N-i}{(N-i)\rho+i} \frac{i}{i+1} Q(i+1) \\ &+ \frac{N-i}{(N-i)\rho+i} \frac{1}{i+1} \\ &\left[\frac{\rho}{1+\rho} \right]^i \left[\frac{1}{1+\rho} \right]^{N-i+1} \end{aligned} \tag{20}$$

이것을 풀면 다음과 같다.

$$Q(i) = \left[\sum_{j=1}^{N-i} \rho^{N-i+j} \frac{i}{(N+1-j)(N-j)} \prod_{k=j}^{N-j} \frac{k}{(K\rho+N-K)} \right] \left[\frac{\rho}{1+\rho} \right]^i \left[\frac{1}{1+\rho} \right]^{N-i}, 1 \leq i \leq N-1$$

$$Q(0) = \left[\frac{1}{1+\rho} \right]^N, i=0$$

$$P(i) = \left[\frac{1}{i} - \sum_{j=1}^{N-i} \rho^{N-i+j} \frac{i}{(N+1-j)(N-j)} \prod_{k=j}^{N-j} \frac{k}{(K\rho+N-K)} \right] \left[\frac{\rho}{1+\rho} \right]^i \left[\frac{1}{1+\rho} \right]^{N-i}, 1 \leq i \leq N-1$$

$$P(N) = \frac{1}{N} \left[\frac{\rho}{1+\rho} \right]^N, i=0$$

그러므로 모니터링 프로세서의 가동율은 다음과 같다.

$$M = 1 - \sum_{i=0}^{N-1} N C_i Q(i)$$

앞 절에서 각 링크에서의 모니터링율을 알면 모니터링 시간간격을 알 수 있음을 보였다. 그러므로 각 링크의 모니터링율, 모니터링되는 작업의 비율은 다음과 같다.

$$M_i = M/N$$

$$m_i = M(1+\rho)/N\rho$$

위의 결과에서 프로세서의 가동율은 링크의 개수가 늘어남에 따라 증가하고 각 링크의 모니터링되는 작업의 비율은 감소함을 알 수 있다.

동일형의 다중 링크를 갖는 모니터링 프로세서의 가동율을 분석한 것으로는 Kazakos[8]의 논문이 있다. Kazakos는 고부하에서의 근사해

를 구하였다. 그 결과는 다음과 같다.

$$M_{app} = N\rho / (1+N\rho)$$

이를 N=4인 경우 각 ρ값의 변화에 따른 결과를 모의실험 결과와 본 연구 결과를 비교하여 <표 1>에 나타내었다.

<표 1> 다중링크 분석 결과 비교(N=4)

ρ	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1.
M _{lit}	.283	.434	.526	.588	.631	.664	.689	.709	.726	.740
M _{Kasa}	.286	.444	.545	.612	.667	.706	.737	.762	.783	.800
M _{sim}	.276	.432	.526	.588	.639	.667	.688	.712	.725	.739

5. 결 론

본 연구에서는 이전의 연구에서 모니터링 과정의 독특한 특성 때문에 발생한 분석의 복잡성을 개선하고자 마코프과정으로 정의하여 분석하였다.

본 연구에서 구한 동일형의 링크를 갖는 시스템의 성능 척도는 표현이 복잡하기는 하지만 모니터링 프로세서의 일반적인 모형인 다중링크 관리 모형을 모형화한 것으로서 시스템의 효율적인 관리를 위한 적정 링크 수를 구하는 기준이 될 수 있다. 즉 각 링크에서 모니터링되는 작업의 모니터링 프로세서의 가동율은 링크의 개수에 따라 서로 절충(trade off)을 이룬다. 또한 모니터링되지 않는 작업에 대한 정보는 각 통신 링크를 관리하는 측면에서 중요한 정보로, 컨트롤러로 보내져 서비스 수준에 반영

되어야 한다. 이러한 과정에서 필요한 척도들이 각 링크에서의 모니터링되는 비율, 모니터링 프로세서의 가동율, 각 링크에서의 모니터링 시간간격이다. 본 연구에서는 이러한 성능 척도를 시스템 매개 변수로 나타내었다. 그러므로 적정 수준의 모니터링 프로세서의 가동율이 정해지고 시스템 매개변수가 주어지거나, 각 링크에서의 모니터링되는 작업의 비율이 정책적으로 정해진다면 본 연구에서 구한 성능 척도를 이용하여 적정 링크의 수를 정할 수 있다. 이는 프로세서의 효율적인 관리를 위한 기본 정보가 될 것이다.

참 고 문 헌

[1] 이창훈, 홍정식, 김재승, "추계적 모형을 이용한 모니터링과정의 성능 분석," 「산업공학 춘계공동 학술지」, 1990.

[2] Alan, G.K., "Processor-Sharing of Two Parallel Lines," *J. of Applied Prob.*, Vol.18, No.4(1981), pp.952-956.

[3] Flatto, L. and H. Mckean, "Two Queues in Parallel," *Commun. on Pure and Appl. Math.*, Vol.30, No.2(1977), pp. 255-263.

[4] Foschini, G., "On Heavy Traffic Diffusion Analysis and Dynamic Routing in Packet Switched Networks," in *Computer Performance*. K. Chandy and M. Reiser, Eds., Amsterdam, The Netherlands:North-Holland, 1977.

[5] Kazakos, P.P., "The Potential of End-to-End Observations in Trouble

Localization and Quality Control of Network Links," *IEEE Trans. on Commun.*, Vol.27, No.1(1979), pp. 16-29.

[6] Kazakos, P.P., "Algorithm for Monitoring Charges in Quality of Communication Links," *IEEE Trans. on Commun.*, Vol.27, No.4(1979), pp. 682-693.

[7] Kazakos, P.P., "Processing Sharing for Quality Control of Communication Links," unpublished paper.

[8] Kingman, J., "Two Similar Queues in Parallel," *Ann. Math. Stat.*, Vol.32 (1961).

[9] Knessel, C., B.J. Matkowsky, Z. Schuss and C. Tier, "Two Parallel Queues with Dynamic Routing," *IEEE Trans. on Commun.*, Vol.34, No.12(1985), pp. 1170-1175.

[10] Legal, F. and J. Bernusson, "An Analytical Formulation for Grade of Service Determination in Telephone Network," *IEEE Trans. on Commun.*, Vol.31, No.3(1983), pp.420-424.

[11] Leon, B.J., J.L. Hammond Jr., P.A. Vena, W.E. Sears and R.T. Kitahara, "A Bit Error Rate Monitor for Digital PSK Links," *IEEE Trans. on Commun.*, Vol.23, No.5(1975), pp. 518-525.

[12] Newcombe, E.A. and S. Pasupathy, "Error Rate Monitoring in a Partial Response System," *IEEE Trans. on Commun.*, Vol.28, No.7(1980), pp.1052-1061.

-
- [13] Ross, S.M., *Stochastic Processes*, John Wiley & Sons., 1983.
- [14] Wolff, R.W., *Stochastic Modeling and The Theory of Queues*, Prentice Hall, 1989.