

추계적 모형을 이용한 모니터링 과정의 성능 분석

Performance Analysis of Monitoring Process using the Stochastic Model

金濟崇*

Abstract

In this paper, 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 nonsymmetric system parameters are considered. each link is assumed independent M/M/1/1 type. The Markov process is introduced to compute busy and idle portions of monitoring processor and monitored rate of each link. Inter-idle times and inter-monitoring times of monitoring processor between two links are respectively computed. A recursive formula is introduced to make computational procedure rigorous.

1. 서 론

컴퓨터 통신 네트워크(computer communication network)에서 각 링크에서의 서비스에 대한 샘플링 검사는 여기서 얻는 정보의 잠재적 유용성에 의해 그 중요성이 강조되어가고 있다. [5, 6] 링크에 대한 모니터링 과정(monitring process)은 이러한 관찰 기능을 담당하는 것으로 링크에서의 서비스가 성공적으로 이루어지고 있는지를 연속적으로 관찰하여 각 링크의 성능 저하를 가능한 빨리, 효과적으로 찾아 내어 통신 시스템의 유지, 관리에 유용한 자료를 제공해 준다. 모니터링 과정에서 모든 링크에 각각의 모니터링 프로세서가 있어 관찰기능을 담당한다면 모니터링 과정은 매우 비효율적인 시스템이 될 것이다. 그래서 하나의 모니터링 프로세서가 일반적으로 여러 링크를 관찰하는 것으로 시스템이 구성되어 효율성을 높이고 있다.

* 尙志大學校 産業工學科

이러한 다중 링크에 대한 모니터링 프로세서의 작동 과정은 다음과 같은 세가지 프로토콜이 혼히 사용된다.

① FCFS(First Come First Service) 프로토콜

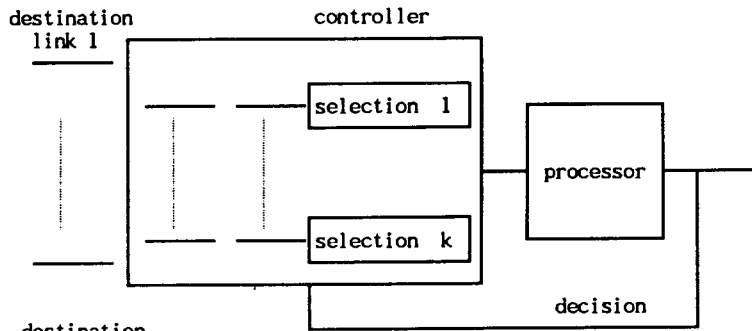
프로세서(processor)가 휴지(idle)상태일 때 작업이 먼저 도착하는 링크의 서비스 상태를 서비스 시작과 동시에 관찰 업무를 시작하여 서비스가 끝날때까지 계속한다.(기존의 어떠한 상태와도 독립적으로 수행한다.)프로세서는 한 링크의 관찰 업무를 수행하는 동안에는 다른 링크에 도착한 작업에 의해 절대로 방해받지 않으며, 휴지 상태에서 처음 도착한 작업에 대한 링크의 관찰 업무를 수행한다.

②우선 순위 조종 프로토콜

각 링크에 우선 순위를 정하여, 프로세서가 임의의 링크에 대해 관찰 업무를 수행 할때 이 링크보다 우선 순위가 높은 링크의 작업 도착에 대해서만 현재 링크에 대한 관찰 업무를 중단하고 그 링크로 즉시 옮겨 관찰 업무를 수행한다.

③임계(threshold)조종 프로토콜

각 링크에 대해 고장률에 대한 변수값을 찾아내어, 이 값이 결정변수(decision variable)보다 작으면 FCFS 프로토콜을, 크면 우선 순위조정 프로토콜을 적용한다.[6,7]



[그림1] 일반적인 모니터링 과정

[그림 1]은 일반적인 모니터링 과정을 나타내는 것이다. 이러한 모니터링 과정은 단일 서버(server)에 의해 순서대로 서비스를 받는 다중 대기 행렬이 있는 순환적(cyclic) 서비스 시스템과 유사하다. 이 순환적 서비스 시스템은 무작위적(randomness) 특성을 가지며 동적(dynamic)으로 변해가는 시스템이므로 추계적(stochastic)모형으로 많은 분석이 이루어져 왔다. [1,2,3,4] 모니터링 과정의 경우에도 무작위적 특성을 가지고 동적으로 변해가므로 추계적 모형의 적용이 가능하다. 그러나 하나의 프로세서가 여러링크를 관찰하게 되어 있고 조종 프로토콜에 의해 관찰되지 않는 작업중의 링크가 발생하게 되어 서비스 형태가 순환적 서비스 시스템과는 또다른 독특한 시스템이다. 이러한 모니터링 과정을 P.P. Kazakos와 D.Kazakos는 일반적인 통계적 모형으로 분석하였다.[7]

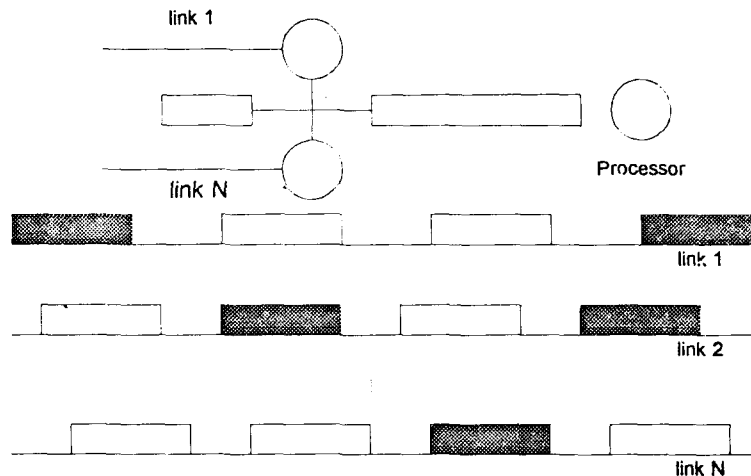
본 논문에서는 모니터링 과정을 추계적 모형으로 새롭게 정의하여 특정 시점이나 안정 상태(stable state)에서 시스템의 성능에 관련된 여러 척도를 구하고자 한다. 가장 일반적인 모니터링 과정의 경우 모니터링 프로세서가 관찰하는 링크가 n 개이고 각 링크에 버퍼 크기(buffer size)가 k 개이다. 여기서 $k > 1$ 인 경우는 패킷 교환망(packet switch network)이 있고, $k = 1$ 인 경우는 회선 교환망(circuit switch network)인 전화 교환기가 있다. 본 연구는 일단 $n = 2, k = 1$ 인 시스템의 시간적 상태 변화를 마코프과정(markov process)으로 정의하고(3장), 특정 시점이나 안정 상태에서의 다음과 같은 값들을 성능 척도(performance measure)로서 구하고자 한다.

- (1) 모니터링 프로세서의 가동율(Ψ)
- (2) 각 링크에서 프로세서에 의해 관찰되는 시간 간격(intermonitoring time)($E\{W_{ij}\}$)
- (3) 각 링크에서 프로세서에 의해 관찰되는 작업의 비율

2. 문제의 모형화

본 논문에서 다루는 일반적인 모니터링 과정은 [그림2]와 같이 N 개의 링크(Link)와 하나의 모니터링 프로세서(Monitoring Processor)로 구성된다. 이때 프로세서는 FCFS조종 프로토콜에 의해 각 링크에서의 서비스 상태를 모니터링하게 된다.

이는 단일 봉사자(single server)에 의해 순서대로 서비스를 받는 대기 행렬의 순환(cyclic) 서비스 시스템과 유사하다. [그림2]는 모니터링 프로세서의 작동과정을 시간 흐름에 따라 나타낸 것이다. ※로 표시된 부분은 모니터링되는 작업이다.



[그림 2] 모니터링 프로세서의 작동 시간흐름도
(FCFS 조종 프로토콜)

[그림2]에서 보듯이 프로세서의 모니터링 기능이 각 링크의 서비스 시간과 동일하고 또한 모니터링 되지 않는 작업이 있기 때문에 순환 서비스 시스템과는 또다른 독특한 시스템을 형성하게 된다.

본 연구에서는 일반적인 모니터링 과정을 마코프(markov)모형으로 정의하여 분석하고자 한다. 각 링크에서의 작업 도착과정과 서비스 시간은 각각 포아송 분포와 지수 분포를 따른다고 가정한다.

λ_j : 링크 j에서의 도착율(arrival rate) $j=1,2$

μ_j : 링크 j에서의 서비스율(service rate) $j=1,2$

각 링크에서의 상태는 휴지(idle) 상태와 작동(busy) 상태를 가지는 M/M/1/1 대기행렬 시스템이다. 그러므로,

Q_{ik} : 안정 상태(steady state)에서 링크 j가 k상태에 있을 확률

$$j = 1, 2 : k = \begin{cases} 0, & \text{idle} \\ 1, & \text{busy} \end{cases}$$

라 하면,

$$\begin{aligned} Q_{j0} &= \frac{1}{1 + \rho_j} & j: 1, 2 \\ Q_{j1} &= \frac{\rho_j}{1 + \rho_j} & j: 1, 2 \end{aligned} \quad (1)$$

여기에서 $\rho_j = \frac{\lambda_j}{\mu_j} \quad 0 < \rho_j < 1$

이다. [2]

2-1. 마코프 과정(Markov process)모형

모니터링 과정에서 링크의 상태에 주된 관점을 두고 마코프 과정으로 모형화하고자 한다.

시스템 상태를 표시하기 위한 상태 변수(state variable)를 아래와 같이 정의한다.

state (a, b) (링크 1의 상태, 링크 2의 상태)

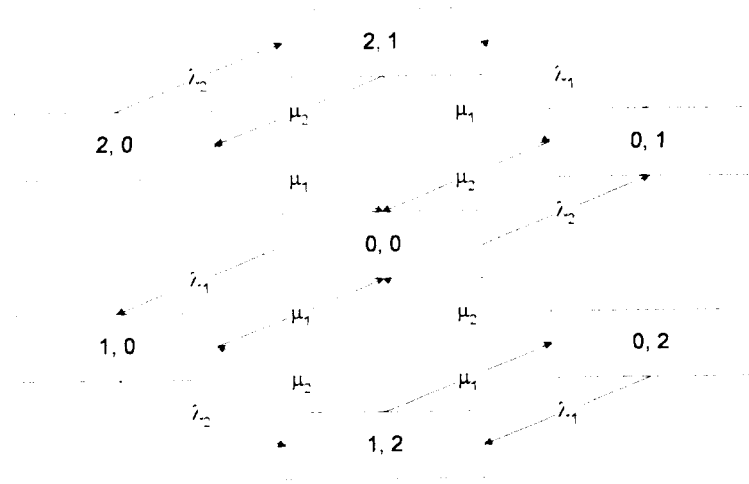
$$a, b = \begin{cases} 0: \text{링크에 작업이 없을 때} \\ 1: \text{링크에 작업이 있고 프로세서에 의해 관찰될 때} \\ 2: \text{링크에 작업이 있고 프로세서에 의해 관찰되지 않을 때} \end{cases}$$

위의 정의에 의해 각 링크의 상태에 의해 $3 \times 3 = 9$ 가지의 상태가 정의되는 2차원 벡터가 된다.

그러나, 상태 (1, 1)과 (2, 2)는 이 시스템에서는 일어나지 않으므로 모두 7개의 상태만이 정의된다.

마코프 과정(markov process)모형은 시스템 매개변수 λ 와 μ 로 나타낼 수 있다. $N = 2$ 인 경우의 생성행렬 A 는 아래와 같고 상태전이도는 「그림 3」과 같다.

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} (0,2) & (1,2) & (1,0) & (0,0) & (0,1) & (2,1) & (2,0) \end{matrix} \\ \begin{matrix} (0,2) \\ (1,2) \\ (1,0) \\ (0,0) \\ (0,1) \\ (2,1) \\ (2,0) \end{matrix} & \left[\begin{array}{ccccccc} & & & & & & \\ & & & & & & \\ & & & & & & \\ & & & & & & \\ & & & & & & \\ & & & & & & \\ & & & & & & \\ & & & & & & \end{array} \right] \end{matrix}$$



[그림 3] $N = 2$ 의 상태 전이도

「그림 3」의 상태 전이도를 바탕으로 균형 방정식을 구하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} P_{00}'(t) &= (\lambda_1 + \lambda_2)P_{00}(t) + \mu_1(P_{20}(t) + P_{10}(t)) \\ &\quad + \mu_2(P_{02}(t) + P_{01}(t)) \\ P_{10}'(t) &= (\mu_1 + \lambda_2)P_{10}(t) + \lambda_1 P_{00}(t) + \mu_2 P_{12}(t) \\ P_{12}'(t) &= (\mu_1 + \mu_2)P_{12}(t) + \lambda_2 P_{10}(t) + \lambda_1 P_{02}(t) \\ P_{02}'(t) &= (\lambda_1 + \mu_2)P_{02}(t) + \mu_1 P_{12}(t) \\ P_{01}'(t) & \\ &\vdots \\ \sum P_s(t) &= 1 \end{aligned} \tag{2}$$

링크 2에 관한 식은 매개변수의 첨자를 바꾸어주면 된다. 위 식은 연립 미분 방정식이 되어 바로 풀기 힘들다. 그러므로 안정상태(steady state)를 가정하여 나타내면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 0 &= (\lambda_1 + \lambda_2)P_{00} + \mu_1(P_{20} + P_{10}) \\
 &\quad + \mu_2(P_{02} + P_{01}) \\
 0 &= (\mu_1 + \lambda_2)P_{10} + \lambda_1P_{00} + \mu_2P_{12} \\
 0 &= (\mu_1 + \mu_2)P_{12} + \lambda_2P_{10} + \lambda_1P_{02} \\
 0 &= (\lambda_1 + \mu_2)P_{02} + \mu_1P_{12} \\
 &\vdots \\
 \Sigma P_s &= 1
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

3. 마코프 모형(Markov Model)의 분석

3-1. 극한 확률(limiting probability)

생성 행렬(Generator Matrix) \bar{A} 로부터 얻어진 극한 확률(limiting probability)은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 \nu \bar{A} &= 0 \\
 \pi(j) &= \frac{\nu_j}{\sum_i \nu_i}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

위의 식을 이용하면 극한 확률은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 \Pi &= \left[\frac{\lambda_1 \lambda_2 \mu_1}{(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_2 + \mu_2)(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_1 + \mu_2)}, \right. \\
 &\quad \frac{\lambda_1(\lambda_1 \mu_2 + \mu_1 \mu_2 + \mu_2^2)}{(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_2 + \mu_2)(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_1 + \mu_2)}, \\
 &\quad \frac{\lambda_2(\lambda_2 \mu_1 + \mu_1 \mu_2 + \mu_1^2)}{(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_2 + \mu_2)(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_1 + \mu_2)}, \\
 &\quad \frac{\lambda_1 \lambda_2 \mu_2}{(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_2 + \mu_2)(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_1 + \mu_2)}, \\
 &\quad \frac{\lambda_1 \lambda_2 (\lambda_1 + \mu_2)}{(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_2 + \mu_2)(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_1 + \mu_2)}, \\
 &\quad \frac{\mu_1 \mu_2}{(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_2 + \mu_2)}, \\
 &\quad \left. \frac{\lambda_1 \lambda_2 (\lambda_2 + \mu_1)}{(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_2 + \mu_2)(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_1 + \mu_2)} \right]
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

그리고, 다음과 같은 기호를 사용하여 Π 를 다시 정리하면 다음과 같다.

$$\rho_j = \frac{\lambda_j}{\mu_j}, \quad j = 1, 2$$

$$\beta = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

$$\Pi = \left[\frac{\rho_1 \rho_2^2}{(1 + \rho_1)(1 + \rho_2) [\rho_1(\rho_2 + \beta) + \rho_2(1 + \rho_1\beta)]}, \right. \tag{6}$$

$$\frac{\rho_1 [\rho_1(\rho_2 + \beta) + \rho_2]}{(1 + \rho_1)(1 + \rho_2) [\rho_1(\rho_2 + \beta) + \rho_2(1 + \rho_1\beta)]},$$

$$\frac{\rho_2 [\rho_2(1 + \rho_1\beta) + \rho_1\beta]}{(1 + \rho_1)(1 + \rho_2) [\rho_1(\rho_2 + \beta) + \rho_2(1 + \rho_1\beta)]},$$

$$\frac{\rho_1^2 \rho_2 \beta}{(1 + \rho_1)(1 + \rho_2) [\rho_1(\rho_2 + \beta) + \rho_2(1 + \rho_1\beta)]},$$

$$\frac{\rho_1^2 \rho_2 (\rho_2 + \beta)}{(1 + \rho_1)(1 + \rho_2) [\rho_1(\rho_2 + \beta) + \rho_2(1 + \rho_1\beta)]},$$

$$\frac{1}{(1 + \rho_1)(1 + \rho_2)},$$

$$\left. \frac{\rho_1 \rho_2^2 (1 + \rho_1\beta)}{(1 + \rho_1)(1 + \rho_2) [\rho_1(\rho_2 + \beta) + \rho_2(1 + \rho_1\beta)]} \right]$$

3-2. 프로세서에 대한 작동과 휴지 비율 및 각 링크에 대한 프로세서의 작동 비율

프로세서의 작동 비율 Ψ 는 극한 확률 Π 에서 $\Pi_2, \Pi_3, \Pi_5, \Pi_7$ 이다. 이 값들을 모두 합하면 프로세서의 작동 비율이 도출된다.

$$\Psi = \Pi_2 + \Pi_3 + \Pi_5 + \Pi_7$$

$$= \frac{\rho_1 \rho_2 (1 + \beta)(1 + \rho_1)(1 + \rho_2) + \rho_2^2 + \rho_1^2 \beta}{(1 + \rho_1)(1 + \rho_2) [\rho_1(\rho_2 + \beta) + \rho_2(1 + \rho_1\beta)]} \tag{7}$$

그리고, 프로세서의 휴지 비율은 Π 에서 위의 항들을 제외한 나머지의 합이다.

$$\Pi_1 + \Pi_4 + \Pi_6$$

$$= \frac{\rho_1 \rho_2 [(1 + \rho_1\beta) + (\rho_2 + \beta)] + \rho_2 + \rho_1 \beta}{(1 + \rho_1)(1 + \rho_2) [\rho_1(\rho_2 + \beta) + \rho_2(1 + \rho_1\beta)]} \tag{8}$$

각 링크들에 대한 프로세서의 작동 비율은 다음과 같다. 링크 1의 작동 비율은 Π_2, Π_5 의 합이고, 링크 2의 작동 비율은 Π_3, Π_7 의 합이다.

$$\Pi_2 + \Pi_5$$

$$= \frac{\rho_1 [\rho_1(1 + \rho_2)(\rho_2 + \beta) + \rho_2]}{(1 + \rho_1)(1 + \rho_2) [\rho_1(\rho_2 + \beta) + \rho_2(1 + \rho_1\beta)]} \tag{9}$$

$$\Pi_3 + \Pi_7$$

$$= \frac{\rho_2 [\rho_2(1 + \rho_1\beta)(1 + \rho_1) + \rho_1 \beta]}{(1 + \rho_1)(1 + \rho_2) [\rho_1(\rho_2 + \beta) + \rho_2(1 + \rho_1\beta)]} \tag{10}$$

3-3. 각 링크에 대해 프로세서에 의하여 관찰되는 작업의 비율

이 작업의 비율은 링크에 의해 서비스되고 있는 작업과 이 작업들 중에서 프로세서에 의해 관찰이 함께 이루어지는 작업과의 비율이다.

즉 링크 1은 $\Pi_2, \Pi_4, \Pi_5, \Pi_7$ 의 합과 Π_2, Π_5 의 합의 비율이고, 링크 2는 $\Pi_1, \Pi_3, \Pi_5, \Pi_7$ 의 합과 Π_3, Π_7 의 합의 비율이다.

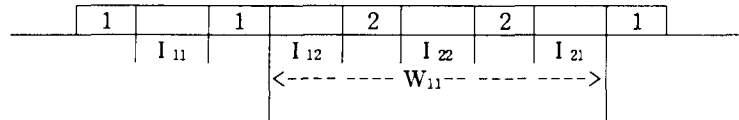
$$\frac{\Pi_2 + \Pi_5}{\Pi_2 + \Pi_4 + \Pi_5 + \Pi_7} = \frac{\rho_1(1 + \rho_2)(\rho_2 + \beta) + \rho_2}{(1 + \rho_2)[\rho_1(\rho_2 + \beta) + \rho_2(1 + \rho_1\beta)]} \quad (11)$$

$$\frac{\Pi_3 + \Pi_7}{\Pi_1 + \Pi_3 + \Pi_5 + \Pi_7} = \frac{\rho_2(1 + \rho_1\beta)(1 + \rho_1) + \rho_1\beta}{(1 + \rho_1)[\rho_1(\rho_2 + \beta) + \rho_2(1 + \rho_1\beta)]} \quad (12)$$

위의 식에서 $\Pi_2 + \Pi_4 + \Pi_5 + \Pi_7$ 의 값과 $\Pi_1 + \Pi_3 + \Pi_5 + \Pi_7$ 의 값은 각 링크가 작업을 하는 확률 $\rho_1/(1 + \rho_1), \rho_2/(1 + \rho_2)$ 이다.

4. 각 링크에서 프로세서에 의해 관찰되는 시간 간격의 분석

모니터링 프로세서의 서비스 상태를 시간의 흐름별로 나타내어 보면 다음 [그림 4]와 같다. 그림의 1,2는 링크의 구분을 나타낸다.



[그림 4] 서비스 상태의 시간 흐름도

즉, 그림에서 I_{ij} 는 작업 i 와 작업 j 사이의 휴지 기간이고, W_{ij} 는 작업 i 에서 작업 j 를 관찰할 때까지의 시간 간격이다. 이 시간 간격의 기대값을 구하기 위해서 다음과 같은 순환식(recursive formula)을 사용할 수 있다.

$$E[W_{11}] = P_{11}E[I_{11}] + P_{12}\{E[W_{21}] + E[I_{12}] + \mu_2^{-1}\} \quad (13)$$

$$E[W_{12}] = P_{12}E[I_{12}] + P_{11}\{E[W_{11}] + E[I_{11}] + \mu_1^{-1}\}$$

$$E[W_{21}] = P_{21}E[I_{21}] + P_{22}\{E[W_{21}] + E[I_{22}] + \mu_2^{-1}\}$$

$$E[W_{22}] = P_{22}E[I_{22}] + P_{21}\{E[W_{21}] + E[I_{21}] + \mu_1^{-1}\}$$

이 식을 풀기 위해서는 $E[I_{ij}]$, $i, j=1,2$ 에 대한 정보만 있으면 $E[W_{ij}]$ 를 구할 수 있다.

$$E[I_{ij}] = \lim_{h \rightarrow 0} \int_0^{\infty} t * P[t \leq I_{ij} \leq t+h] dt / h \quad (14)$$

$$P[t \leq I_{ij} \leq t+h] = \frac{P[t \leq T_{ij} \leq t+h / i \rightarrow j]}{P[t \leq T_{ij} \leq t+h, i \rightarrow j]} = \frac{P[i \rightarrow j]}{P[i \rightarrow j]} \quad (15)$$

이 식에서 $P[i \rightarrow j]$ 는 P.P. kazakos와 D. Kazakos가 구한 P_{ij} 와 같고 [7], 분자의 확률만 구하면 위의 값을 알 수 있다. 이 P_{ij} 를 보면 다음과 같다.

$$P_{11} = \frac{1}{1-\rho_2^2} \left[\frac{1}{1+\beta} - \frac{\rho_2^3}{\rho_2+\beta} \right] \quad (16)$$

$$P_{12} = \frac{1}{1-\rho_2^2} \left[\frac{1}{1+\beta} - \frac{\rho_2^2}{\rho_2+\beta} \right]$$

$$P_{21} = \frac{1}{1-\rho_1^2} \left[\frac{1}{1+\beta} - \frac{\rho_1^2}{1+\rho_1\beta} \right]$$

$$P_{22} = \frac{1}{1-\rho_1^2} \left[\frac{1}{1+\beta} - \frac{\rho_1^3}{1+\rho_1\beta} \right]$$

그리고, 분자는 다음과 같은 방법에 의해 구해진다.

$$\begin{aligned} P[t \leq T_{11} \leq t+h, 1 \rightarrow 1] &= \\ &P[t \leq X_1 \leq t+h, X_2 > t] \times \{1/(1+\rho_2)\} \\ &+ P[t \leq X_1 \leq t+h, X_2 + Y_2 > t] \times \{\rho_2/(1+\rho_2)\} \\ &= \exp(-\lambda_1 t) \{1 - \exp(-\lambda_1 h)\} \exp(-\lambda_2 t) \{1/(1+\rho_2)\} + \exp(-\lambda_1 t) \times \\ &\quad \{1 - \exp(-\lambda_1 h)\} \{1/(\mu_2 - \lambda_2)\} \{\mu_2 \exp(-\lambda_2 t) - \lambda_2 \exp(-\mu_2 t)\} \end{aligned}$$

따라서 $\lim_{h \rightarrow 0} P[t \leq I_{11} \leq t+h]/h$ 는 다음과 같다.

$$\lambda_1 \exp(-(\lambda_1 + \lambda_2)t) \{1/(1+\rho_2)\} + \{\lambda_1/(\mu_2 - \lambda_2)\} \times \{\mu_2 \exp(-\lambda_2 t) - \lambda_2 \exp(-\mu_2 t)\}$$

위 식을 적분하면 $E[I_{11}]$ 은 다음과 같다.

$$E[I_{11}] = \frac{\beta}{1-\rho_2^2} \left[\frac{1}{\lambda_1(1+\beta)^2} - \frac{\rho_2^4 \beta}{\lambda_2(\rho_2+\beta)^2} \right] \times P_{11}^{-1} \quad (17)$$

같은 방법으로 $E[I_{12}]$, $E[I_{21}]$, $E[I_{22}]$, 를 구하면 다음과 같다.

$$E[I_{12}] = \frac{\beta}{1-\rho_2^2} \left[\frac{1}{\lambda_1(1+\beta)^2} - \frac{\rho_2^3 \beta}{\lambda_2(\rho_2+\beta)^2} \right] \times P_{12}^{-1} \quad (18)$$

$$E[I_{21}] = \frac{\beta}{1-\rho_1^2} \left[\frac{1}{\lambda_1(1+\beta)^2} - \frac{\rho_1^3}{\lambda_1(1+\rho_1\beta)^2} \right] \times P_{21}^{-1} \quad (19)$$

$$E[I_{22}] = \frac{\beta}{1-\rho_1^2} \left[\frac{1}{\lambda_1(1+\beta)^2} - \frac{\rho_1^4}{\lambda_1(1+\rho_1\beta)^2} \right] \times P_{22}^{-1} \quad (20)$$

그러므로, $E[W_{ij}]$, $i, j=1,2$ 를 구하면 다음과 같다.

$$E[W_{11}] = P_{11}E[I_{11}] + \frac{P_{12}\{P_{21}E[I_{21}] + P_{22}\{E[I_{22}] + \mu_2^{-1}\}\}}{1 - P_{22}} \quad (21)$$

$$E[W_{12}] = \frac{P_{12}\{E[I_{12}] + \mu_2^{-1}\} + P_{11}\{E[I_{11}] + \mu_1^{-1}\}}{1 - P_{11}} \quad (22)$$

$$E[W_{21}] = \frac{P_{12}E[I_{21}] + P_{22}\{E[I_{22}] + \mu_2^{-1}\}}{1 - P_{11}} \quad (23)$$

$$E[W_{22}] = P_{22}E[I_{22}] + \frac{P_{21}\{P_{12}E[I_{12}] + P_{11}\{E[I_{11}] + \mu_1^{-1}\}\}}{1 - P_{11}} + P_{21}\{E[I_{21}] + \mu_1^{-1}\} \quad (24)$$

5. 결 론

본 연구에서는 이전의 연구에서 모니터링 과정의 독특한 특성때문에 발생한 분석의 복잡성을 개선하고자 마코프 과정과 순환식을 사용하여 분석하였다. 마코프 과정에서는 상태 전이도에서 생성 행렬을 유도하여 각 상태에 따른 극한 확률을 구하였고, 이 극한 확률로부터 모니터링 프로세서의 작동 비율과 휴지 비율, 그리고 각 링크에 대해 모니터링 프로세서에 의해 관찰되는 작업의 비율을 구하였다. 순환식으로부터는 각 링크들에 대해 작업간의 기대 시간과 휴지 시간을 구하였다.

따라서 링크의 개수를 m 개로 확장시킨 일반적인 통신 네트워크에 대해서도 이와 같은 분석 방법을 적용시킬 수 있을 것이다.

본 논문에서는 어떠한 모니터링 과정에서의 모니터의 효율을 각 링크에서의 도착율과 서비스율로 나타내었다. 따라서 우리가 원하는 시스템의 효율을 얻기 위해 링크의 개수를 조정한다든지, 링크의 부하(load)를 조정하는 데 유용한 자료가 될 수 있다.

參 考 文 獻

- [1] H. Takagi, "Queueing Analysis of Polling Models", ACM Computing Surveys, Vol. 20, No. 1, Mar. 1988.
- [2] L. Kleinrock, Queueing Systems, Vol. 1, John Wiley & Sons, New York, 1975.
- [3] O.J. Boxma, "Models of Two Queue:A Few New Views", Teletraffic Analysis & Computer Performance Evaluation 1986.
- [4] P.J. Kuhen, "Multiqueue Systems with Non-exhaustive Cyclic Service", BSTJ, Vol. 58, No 3, Mar. 1979.
- [5] P. Papantoni-Kazakos, "The Potential of End-to-End Observations in Trouble Localization and Quality Control of Network Links", IEEE Trans. Comm., Vol. COM-27, No. 1, pp. 16-30, 1979.
- [6] P. Papantoni-Kazakos, "Algorithms for Monitoring Changes in Quality of Communication Links", IEEE Trans. Comm., Vol. COM-27, NO.4, pp.682-693, 1979.
- [7] P. Papantoni-Kazakos and D. Kazakos, "Processing Sharing for Quality Control of Communication Links", IEEE Trans. on Rel., to be published.