

MAP 네트워크 관리 시스템의 트래픽 분석

正會員 金 重 圭* 正會員 李 龍 斗* 正會員 李 相 倍**

Analysis of the Traffic Characteristics for MAP Network Management System

Jung Gyu Kim*, Yong Doo Lee*, Sang Bae Lee** *Regular Members*

要 約

본 논문에서는 생산 자동화 네트워크인 MAP에서 네트워크 관리 기능을 실현하기 위해 중요한 변수인 전송 지연과 버퍼크기 그리고 시스템의 안정도등의 트래픽 성능을 분석하였다.

네트워크 관리는 네트워크 상에서 통신이 정상적으로 수행되도록 자원의 제어 및 감독을 담당하는 것으로, 네트워크 운영시 필수적으로 요구되는 기능이다. 그러나 MAP 네트워크는 운영시 빠른 응답성을 요구하기 때문에 네트워크 관리 시스템을 구현하여 운영하기 위해서는 네트워크 관리 활동으로 인한 영향을 고려하여야 한다.

네트워크 관리 시스템 동작시 발생하는 불균일한 트래픽을 분석하기 위해, 사이클릭 큐잉 모델을 이용한 해석적 방법과 시뮬레이션을 수행하여 대기 지연시간과 버퍼 크기를 구했으며, 네트워크 관리 활동에 따른 시스템의 안정도를 분석하였다.

ABSTRACT

In this paper, performance of MAP management system traffic is analyzed, to realize the network management function in automated manufacturing network Mini-MAP.

The network management system, which controls and supervises the network resources in the communication network, is the function that is necessarily required in this network. Since the real time response must be required in the Mini-MAP network, the delay performance of the network needs to be analyzed.

By means of both analytical methods and simulation for cyclic queueing model, the delay time distributions due to the increasement of transmission data are obtained in the implemented management network where SLAM II package is used for simulation. In addition, the parameters of the management function affecting the transmission delay are considered so that these parameters can be used to implement network management system.

*大邱大學校 電子工學科
Dept. of Electronic Eng., Taegu Univ.

**延世大學校 電子工學科
Dept. of Electronics, Yonsei University

論文番號 : 93163

接受日字 : 1993年 9月 1日

I. 서 론

생산 자동화 네트워크인 MAP 네트워크는 생산 환경에서 사용되기 때문에 실시간 처리가 무엇보다도 중요하다. 네트워크 관리 기능이 구현되면, 관리 활동으로 인해 필연적으로 네트워크내에 정보 전송량이 증가하게 된다. 그러나 네트워크 관리 활동의 영향으로 네트워크 운용의 실시간성이 저해되어서는 안되기 때문에 이로 인한 메시지 전송 지연 시간들을 분석하고, 이를 바탕으로 운영에 있어 영향을 고찰하고자 한다.

MAP과 같이 토큰 패싱 형태를 가지는 네트워크의 성능 지표로는 토큰 회전 시간, 대기시간, 공정성, 큐의 길이, 안정도등이 있으며, 이 가운데 특정한 것이 네트워크의 성능을 대표하게 된다. 빠른 응답시간을 요구하는 실시간 시스템은 응답이 어떤 특정한 시간 이내에 완료되어야 하기 때문에 대기시간, 토큰 회전 시간이 큰 의미를 가진다. [5][6]

한편, MAP 네트워크에서 관리 활동을 수행하기 위하여 관리 스테이션이 있는 경우 네트워크에서 트래픽의 분포가 균일(Symmetry)하지 않으므로 정확한 해석을 위해서는 불균일(Asymmetry)한 경우로 해석이 필요하다.

따라서, 본 논문에서는 MAP 네트워크에서 관리 활동에 따른 영향을 분석하기 위해, 불균일한 경우의 해석을 위한 트래픽 모델을 제시하고, 해석적 방법과 시뮬레이션을 수행하여 트래픽 특성을 살펴보았다. 이를 바탕으로 시스템 설계시 고려해야 할 시스템의 안정도, 버퍼의 크기등을 제시하였다. [1][4]

II. 해석적 모델에 의한 분석

1. 사이클 시간

MAP 네트워크의 근본적인 성능은 전송 매체 액세스를 담당하는 토큰 패싱 버스 프로토콜에 의해 제한된다. 토큰 패싱 버스 프로토콜은 네트워크의 모든 스테이션이 논리링을 형성하고, 토큰이라는 제어 프레임의 사용하며, 토큰을 소유하고 있는 스테이션만이 전송매체를 사용하고, 사용이 끝나면 다음 차례의 스테이션에게 토큰을 넘겨줌으로서 전송 매체를 액세스할 수 있는 전송권을 제어한다. [2]

이제 N_s 개의 스테이션을 갖는 네트워크이 하나의 관리 스테이션과 $(N_s - 1)$ 개의 관리 대상 스테이션으

로 구성되어 있으며, 모든 스테이션은 단일 전송 큐를 가지며, 다른 스테이션으로 전송할 일반 메시지를 가진다고 하자. 관리 활동을 위한 관리 메시지는 관리 스테이션에서만 발생하고 피관리 스테이션은 관리 스테이션의 관리 메시지 1 개에 대해 평균 k 개의 관리 응답 메시지를 발생한다. 각 스테이션에 전송을 위한 데이터의 도착이 poisson 분포를 따른다고 가정하면 메시지를 도착율을 다음과 같이 표시된다.

λ_{gm} : 관리 스테이션의 일반 메시지 도착율

λ_{mm} : 관리 스테이션의 관리 메시지 도착율

λ_{gi} : 피관리 스테이션 i 의 일반 메시지 도착율

λ_{mi} : 피관리 스테이션 i 의 관리 메시지 도착율

네트워크 관리 활동이 피관리자 스테이션에 균일하게 분포하며, 하나의 관리메세지에 대해 k 개의 응답메세지가 발생한다고 가정하면, 네트워크에서 메세지 전송 및 관리활동을 고려한 관리 스테이션의 메세지 총 도착율 λ_M 과 관리 대상 스테이션의 메세지 총 도착율 λ_j 는 다음과 같다.

$$\lambda_M = \lambda_{mi} + \lambda_{mm}$$

$$\lambda_j = \lambda_{gi} + \frac{\lambda_{mm}}{N_s - 1} \cdot k \quad (1)$$

이 경우, 네트워크의 각 스테이션의 트래픽이 균일하지 않으므로 불균일한 경우로 분석을 수행하여야 한다. 트래픽이 불균일한 경우, 각 스테이션에서 프레임의 전송 시간을 구하기 위하여 사이클릭 큐잉 모델은 그림 1과 같이 나타낼 수 있다.[8] 큐 j 는 평균이 $h_j = ET_{Hj}$ 이고 확률 분포 함수가 $H_j(t) = P\{T_{Hj} \leq t\}$ 인, 랜덤 서비스 시간 T_{Hj} 동안 프레임을 전송하고, 다음 큐로 이동한다. 이 때 이동하는 시간 T_{Hj} 는 평균 $U_j = ET_{Uj}$, $j = 1, 2, \dots, N_s$ 이고 확률 분포 함수가 $U_j(t) = P\{T_{Uj} \leq t\}$ 를 따른다.

이 때, 토큰이 특정 큐에서 서비스를 개시한 후 다시 서비스를 수행하기 위해 그 큐로 돌아오는 시간을 사이클 시간 T_c 라 하고, 이 사이클 시간의 평균을 $C = ET_c$ 로 나타낸다. C_0 를 한 사이클 동안 모든 큐에서 프레임 전송이 없는 경우의 사이클 시간의 평균이라 하면 다음과 같이 표현된다.

$$C_0 = C_1 + C_2 + \dots + C_{N_s} \quad (2)$$

안정 상태에서 flow balancing에 의해 사이클 시간은 다음과 같다.

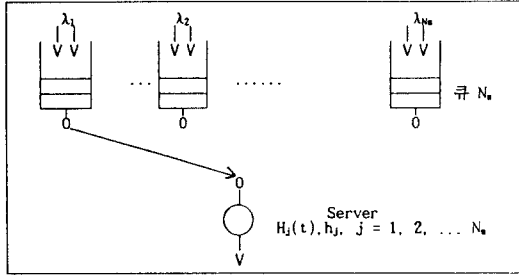


그림 1. 사이클릭 큐잉 모델
Fig. 1 Cyclic queueing model

$$C = C_0 + \sum_{j=1}^{N_s} (\lambda_j \cdot C) \cdot h_j = \frac{C_0}{1 - \rho_0} \quad (3)$$

$$\rho_0 = \rho_1 + \rho_2 + \dots + \rho_{N_s}, \quad \rho_j = \lambda_j \cdot h_j (j = 1, \dots, N_s)$$

큐 j에서 한 사이클 동안에 전송되는 프레임의 평균 갯수는, 큐 j에서 최소한 하나 이상의 프레임을 전송할 확률을 α_j 라 할 때 식(4)가 된다. [9]

$$\alpha_j = \lambda_j \cdot C = \frac{C_0}{1 - \rho_0} \cdot \lambda_j, \quad j = 1, 2, \dots, N_s \quad (4)$$

사이클 시간의 PDF의 Laplace-Stieltjes 변환은 다음과 같다. [10]

$$\phi_C(s) = \prod_{i=1}^{N_s} \phi_{T_i}(s) \cdot \prod_{i=1}^{N_s} (\alpha_i \cdot \phi_{H_i}(s) + [1 - \alpha_i]) \quad (5)$$

특정 큐 j의 큐길이를 구하기 위해, 큐 j에서 전송할 프레임이 없는 경우의 사이클 시간을 T'_{C_j} , 있는 경우의 사이클 시간을 T''_{C_j} 로 정의하고, (5)식과 같은 방법을 적용하면 T'_{C_j} 와 T''_{C_j} 의 변환은 각각 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} \phi_{T'_{C_j}}(s) &= \prod_{i=1}^{N_s} \phi_{T_i}(s) \cdot \prod_{i \neq j} (\alpha'_{ji} \cdot \phi_{H_i}(s) + [1 - \alpha'_{ji}]) \\ \phi_{T''_{C_j}}(s) &= \prod_{i=1}^{N_s} \phi_{T_i}(s) \cdot \prod_{i \neq j} (\alpha''_{ji} \cdot \phi_{H_i}(s) + [1 - \alpha''_{ji}]) \\ &\quad \cdot \phi_{H_j}(s) \end{aligned} \quad (6)$$

그러므로 사이클 시간 T_C 의 변환은 다음과 같이 표현된다.

$$\phi_C(s) = (1 - \alpha_j) \cdot \phi_{T'_{C_j}}(s) + \alpha_j \cdot \phi_{T''_{C_j}}(s) \quad (7)$$

여기서, $C' = ET_{C_j}$ 이고 $C = ET_C$ 이다.

조건부 사이클 시간 balance는

$$C'_j = C_0 + \sum_{i \neq j} \alpha'_{ji} \cdot h_i \quad (8)$$

$$C''_j = C_0 + \sum_{i \neq j} \alpha''_{ji} \cdot h_i + h_j \quad (9)$$

사이클 시간은

$$C = (1 - \alpha_j) \cdot C'_j + \alpha_j C''_j \quad (10)$$

식(4)와 마찬가지로, 조건부 사이클 시간

$$\alpha'_{ji} = \lambda_i \cdot C'_j, \quad \alpha''_{ji} = \lambda_i \cdot C''_j, \quad i \neq j \quad (11)$$

따라서, 이것을 정리하면 조건부 사이클 시간은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} C'_j &= \frac{C_0}{1 - \rho_0 + \rho_j} \\ C''_j &= \frac{C_0 + h_j}{1 - \rho_0 + \rho_j} \end{aligned} \quad (12)$$

이제 조건부 사이클 시간 C'_j 와 C''_j 의 분산은 식(6)으로부터 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} VAR T_{C'_j} &= \sum_{i=1}^{N_s} VAR T_{T_i} + \sum_{i \neq j} (\alpha'_{ji} h_i^2 - \alpha'^2_{ji} \cdot h_i^2) \\ VAR T_{C''_j} &= \sum_{i=1}^{N_s} VAR T_{T_i} + \sum_{i \neq j} (\alpha''_{ji} h_i^2 - \alpha''^2_{ji} \cdot h_i^2) \\ &\quad + VAR T_{H_j} \end{aligned} \quad (13)$$

그러므로 사이클 시간의 분산은 다음식으로 결정된다.

$$\begin{aligned} VAR T_C &= (1 - \alpha_j) \cdot [VAR T_{C'_j} + C'^2_j] \\ &\quad + \alpha_j \cdot [VAR T_{C''_j} + C''^2_j] - C^2 \end{aligned} \quad (14)$$

2. 평균 큐길이와 대기시간

네트워크에서 j번째 스테이션만을 고려하고 안정 상태에서, 토큰이 도착하는 순간에 큐에 대기하고 있

는 프레임의 수를 N 이라 하고, 확률분포 P_n 을 구하자. [10]

$$P_n = P\{N=n\}, \quad n=0, 1, 2, \dots \quad (15)$$

도착 프로세스의 메모리리스 성질과 imbeded Markov chain에 의해 안정상태의 확률 분포는 다음식을 만족한다.

$$P_n = P_0 \cdot P_{0n} + \sum_{m=1}^{n+1} P_m \cdot P_{mn}, \quad n=1, 2, \dots \quad (16)$$

이 때 상태 천이 확률 P_{mn} 은 다음식으로 주어진다.

$$P_{mn} = \int_{t=0-}^{\infty} e^{(-\lambda t)} \cdot \frac{(\lambda t)^{n-m+1}}{(n-m+1)!} \cdot dC^*(t), \quad m > 0$$

$$\int_{t=0-}^{\infty} e^{(-\lambda t)} \cdot \frac{(\lambda t)^n}{n!} \cdot dC^*(t), \quad m=0 \quad (17)$$

평균을 구하기 위해 상태 분포에 대한 확률 발생 함수를 도입하면

$$G(x) = P_0 \cdot \frac{x\phi_c(z) - \phi_c(z)}{x - \phi_c(z)}, \quad z = \lambda(1-x) \quad (18)$$

$G(1)=1$ 을 이용하여, 식(18)에서 L'Hospital의 정리에 의해 $\lim_{x \rightarrow 1} G(x)$ 를 구하면, P_0 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_0 = \frac{1 - \lambda C^*}{1 - \lambda(C^* - C^*)} = 1 - \alpha \quad (19)$$

토큰이 도착하는 순간에 대기하고 프레임의 평균 갯수는 다음과 같이 구해진다.

$$EN = P_0 \cdot \lambda \cdot \frac{\lambda C^{*(2)} \cdot (1 - \lambda_c) + C^*(\lambda_c^{(2)}) + 2 - 2\lambda_c}{2(1 - \lambda_c)^2} \quad (20)$$

여기서, $C^{*(2)} = ET^2C^*$ 이고 $C^*(2) = ET^2C^*$ 이다.

한편, 시간적으로 어떤 프레임이 전송을 받아서 큐를 떠나는 순간에서 큐를 관찰할때, 어떤 프레임의 전체 전송 지연 시간 T_s 는 큐에 대기 시간 T_w 와 서비스 시간 T_H 의 합으로 표현된다. 여기서, T_w 와 T_H 는 서로 무관하므로 T_s 의 확률분포함수는 $W(t)$ 와 $H(t)$ 의 컨버루션으로 구할 수 있다. 그러므로 전체 전송 지연 시간동안 큐에 도착한 프레임 수가 n 일 확률 P_n^*

은 다음과 같다.

$$P_n^* = \int_{t=0-}^{\infty} e^{(-\lambda t)} \cdot \frac{(\lambda t)^n}{n!} \cdot d(W(t) \odot H(t)),$$

$$n=0, 1, 2, \dots \quad (21)$$

확률발생함수를 이용해서 대기시간 T_w 에 대한 Laplace-Stieltjes 변환을 구하면 식(22)와 같은 큐에서의 평균 대기 시간은 (23)식으로 구해진다.

$$\phi_w(s) = \frac{1 - \lambda C^*}{c^*} \cdot \frac{1 - \phi_c(s)}{s - \lambda \cdot [1 - \phi_c(s)]} \quad (22)$$

$$w = -\frac{d}{ds} \phi_w(s) |_{s=0} = \frac{C^{*(2)}}{2c^*} + \frac{\lambda C^{*(2)}}{2(1 - \lambda C^*)} \quad (23)$$

3. 안정도 분석

토큰 버스 네트워크에서 부하에 대한 안정 상태 조건은 한 토큰 사이클내에 도착한 프레임이 그 사이클내에서 모두 전송이 가능한 경우이다.[6] 메세지의 도착과 응답 갯수가 네트워크의 안정 상태에 미치는 영향을 살펴보기 위해, 토큰 이동 시간이 일정하고, 모든 스테이션의 일반 메세지가 균일하게 발생한다고 가정한다. 일반 메세지와 관리 메세지의 서비스 시간이 동일 하다고 가정하면 사이클 시간은 다음과 같다.

$$T_c = N_s \cdot U + T_c \cdot \lambda_T \cdot h \quad (24)$$

식 (1)을 이용하여, 네트워크 전체에 대한 메세지 도착율을 구하면 다음과 같다.

$$\lambda_T = N_s \cdot \lambda_{gi} + (k+1) \cdot \lambda_{mm} \quad (25)$$

따라서 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$T_c = \frac{N_s \cdot U}{1 - [N_s \cdot \lambda_{gi} + (k+1) \cdot \lambda_{mm}] \cdot h} \quad (26)$$

III. 시뮬레이션 및 결과 고찰

1. 시뮬레이션 환경

시뮬레이션은 SLAM II 패키지를 이용하여 수행하였으며, 토큰 버스 프로토콜의 동작을 묘사하기 위해 SLAM II의 네트워크 모델과 FORTRAN 사용자

함수를 결합한 Combined 모델을 이용하였으며 프로그램의 전체 구조는 그림 2와 같다.[11]

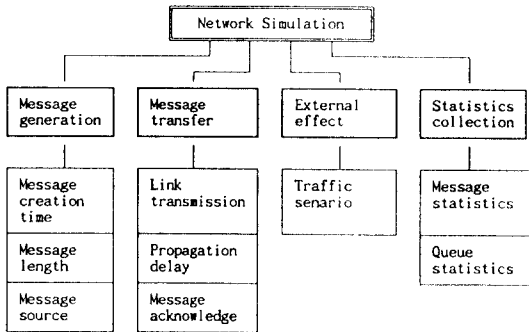


그림 2. 시뮬레이션 프로그램의 전체 구조
Fig. 2 The structure of the simulation program

토큰 배싱 프로토콜에서 한 스테이션에서 프레임 전송을 위한 최대 서비스 시간은 토큰 유지 타이머 (THT: Token Hold Timer)에 의해 제한된다. 따라서 한 스테이션에서 다음 스테이션으로의 토큰의 이동은 큐에 서비스할 프레임이 없는 경우나 큐에 프레임이 존재하지만 토큰 유지 타이머가 종료된 경우에 이루어진다.[2]

분석을 위해 스테이션은 지역적으로 균등한 간격으로 위치되어 있고, 각 스테이션의 배제지 발생과 배제지 길이는 동일하며 배제지 길이는 지수 분포를 갖는다고 가정하였다. 사용된 변수들은 스테이션 수, 프레임 길이, 프레임의 도착 간격 그리고 토큰 전송 시간들이다. 성능 분석을 위해 사용한 네트워크의 변수들은 표 1과 같다.

표 1. 네트워크 변수들
Table 1 Network parameters

변 수 명	변 수 값
스테이션 수(N_s)	16 Stations
전 송 용 량	5 Mbps
평균 프레임 길이	512 Byte
토큰 프레임 길이	20 Byte
Safety margin	2 μ sec
전 송 지 연	10 μ sec

2. 결과 및 고찰

먼저 네트워크의 관리 활동이 없는 경우, 즉 일반 배제지의 부하에 따른 평균 지연시간의 계산치와 시뮬레이션 결과가 그림 3이다.

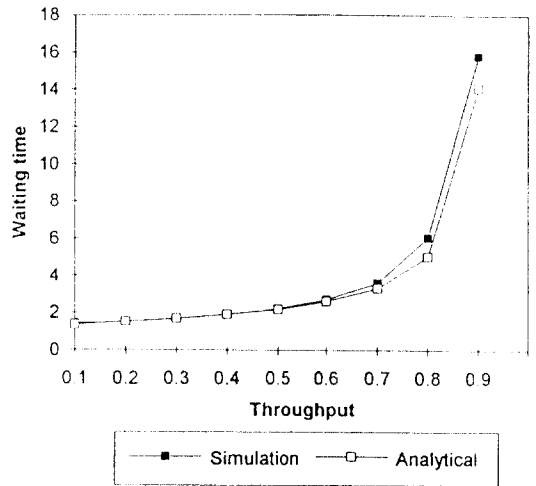


그림 3. 평균 전송 지연
Fig. 3 Average transfer delay

이 결과는 해석적인 결과와 시뮬레이션 결과를 비교하기 위해 토큰 유지 시간을 최대로 설정한 경우이다. 부하가 작은 경우 해석적인 값과 시뮬레이션 값이 유사하나, 부하가 큰 경우 차이가 나는데 이는 해석적 모델이 네트워크가 안정하다는 조건에서 분석을 수행하였기 때문이다. 이 경우 네트워크의 부하가 0.8 정도까지는 프레임의 서비스 시간이 20 msec 이하인 전송 지연 시간을 가지고 있음을 알 수 있다.

이제 네트워크 관리 활동으로 인한 네트워크의 영향을 분석하기 위해 관리 트래픽을 일반 트래픽의 일정 비율로 주었다. 이는 실제 네트워크 운용시 관리 트래픽의 발생 정도를 예측하기가 어려우나 일반적으로 네트워크 관리 활동은 일반 배제지의 증가에 따라 관리 활동도 증가한다고 보았기 때문이다. 즉, 일반 트래픽에 대한 관리 트래픽의 비율값을 주고, 일반 트래픽의 증가와 평균 응답 갯수의 변화에 따른 전송지연 시간의 분포를 구해보면 관리를 위해 감수해야 하는 일반 배제지의 지연에 대한 영향을 알 수 있다.

피관리자 스테이션에 대한 관리 활동은 균등하다고 가정하였다. 이 경우 하나의 피관리자 스테이션에 발생하는 관리 메시지에 대한 응답 메시지의 발생률이 평균 $[\lambda_M / (Ns - 1)] \cdot k$ 이 된다. 그림 4는 일반 메시지에 대한 관리 메시지의 발생을 10% 가정하였을 경우의 평균대기시간이며, 그림 5는 버퍼 크기를 나타낸 것이다.

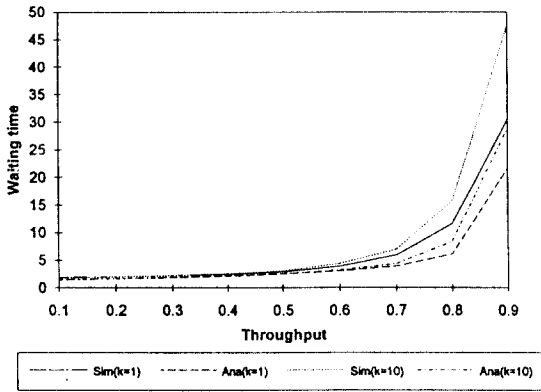


그림 4. 관리 메시지 존재시 평균 전송 시간
Fig. 4 Transfer delay with management message

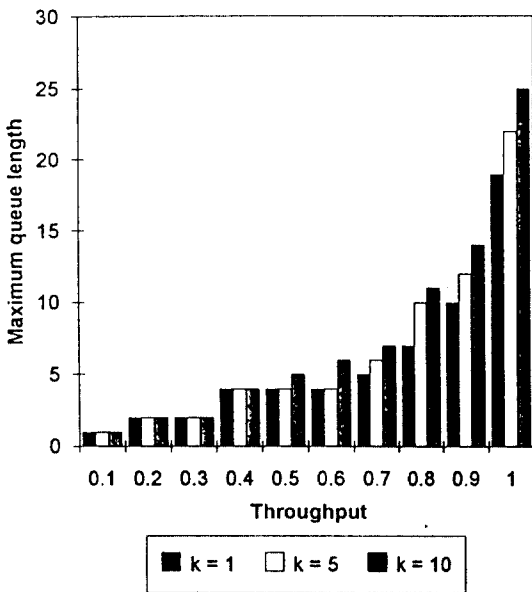


그림 5. 관리 메시지 존재시 버퍼 크기
Fig. 5 Buffer size with management message

분석 결과 소프트웨어적인 지연을 고려하지 않은 경우 응답 지연은 일반적으로 수십 msec이내 였으나, 관리 스테이션에서 발생하는 부하의 불균형 문제를 고려하여야 할 것이다. 낮은 트래픽의 경우 네트

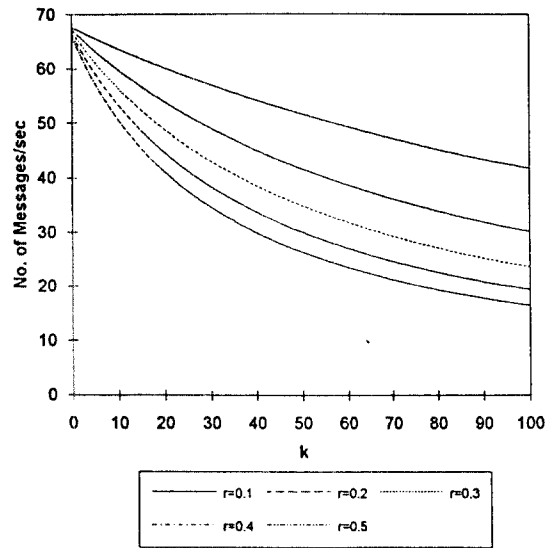


그림 6. 네트워크 안정 조건 ($T_c = 20$ msec)
Fig. 6 Stability condition of network ($T_s = 20$ msec)

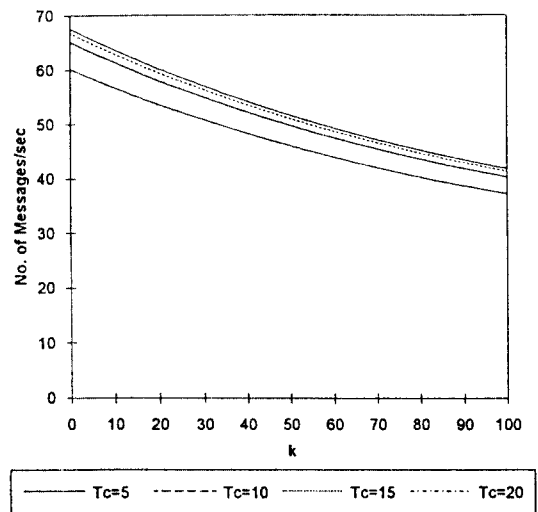


그림 7. 네트워크 안정 조건 ($r = 0.1$)
Fig. 7 Stability condition of network ($r = 0.1$)

워크 관리 활동으로 인한 전송지연 및 토큰 회전시간의 영향이 미세하나 네트워크 관리 활동이 증가하면 전송 지연이 증가하여 Mini-MAP의 가장 큰 특징인 빠른 응답성이 위축될 수 있음을 알 수 있다. 특히 네트워크 관리 활동중 Event-Report와 같은 서비스는 많은 수의 응답을 요구하므로, 이러한 경우에는 네트워크 관리 활동을 제한하거나 일반 스테이션에 우선 순위 메카니즘의 활용이 필요하다고 생각된다.

그림 6과 7은 네트워크 안정도에 대한 결과이다. 그림 6은 토큰 회전 시간 $T_c = 20$ msec로 주고 일반 메시지에 대한 관리 메시지의 발생 비율에 따른 메시지의 도착율을 살펴 본 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 네트워크의 안정 상태에서 운용되기 위해서는 그래프의 아래 영역에서 동작되도록 변수들을 결정해야 한다. 그림 7은 일반 메시지에 대한 관리 메시지의 발생 비율을 0.1로 고정하고 토큰 회전 시간에 따른 메시지의 도착율을 살펴 본 것이다. 이 결과 일반 메시지에 대한 관리 메시지의 발생율이 네트워크 운용시 더 큰 영향을 미침을 알 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 MAP 네트워크에서 네트워크 관리 활동으로 인한 영향을 고찰하기 위해, MAP 네트워크 관리 시스템의 트래픽 특성을 분석하였다. MAP 네트워크는 실제 사용시 빠른 응답성이 요구되기 때문에, 네트워크 관리 활동의 결과로 발생하는 네트워크의 영향을 분석하는 것이 필요하다.

네트워크 관리 활동이 존재하는 경우, 스테이션의 트래픽은 불균일하므로 이를 고려하여 트래픽 모델을 제시하고 해석적인 방법과 시뮬레이션을 이용하여 관리 시스템 구현시 중요한 변수인 지연 시간과 버퍼 크기등을 살펴보았다. 그 결과 일반 메시지에 대한 관리 메시지의 비율, 관리응답 메시지의 수등이 전송 지연에 영향을 미치며, 일반 메시지에 대한 관리 메시지의 비율이 네트워크의 동작에 더 큰 영향을 미침을 알 수 있다. 또한 시스템의 정상 동작이 가능한 영역을 살펴보기 위해 근사식을 유도하였다.

본 논문에서 제시한 성능 지표들을 이용하여 실제 MAP 네트워크 관리 시스템을 구현시 참조하면 좀 더 향상된 성능을 갖는 시스템 구성을 할 수 있으리라 생각되며, 전송 지연이 문제가 되는 경우 우선 순위 메카니즘의 채택도 고려하여야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. General Motors Task Force, "Manufacturing Automation Protocol Specification version 3.0," General Motors, 1988.
2. IEEE, "IEEE Standards for Local Area Networks : Token Passing Bus Access Method and Physical Layer Specification," IEEE Press, 1990.
3. IEEE Draft Standard 802.4, System Management MAC Interface Service Specification, 1990.
4. IEEE Draft Standard 802.4, System Management-Physical Layer Management Interface Service Specification, 1990.
5. Alfred C. Weaver and Catherine F. Summer, "The IEEE Token Bus A Performance Bound on GM MAP," IEEE Transaction on Industrial Electronics, VOL.35 NO.1 pp.13-17 February, 1988.
6. W. Timothy Strayer and Alfred C. Weaver, "Performance Measurement of Data Transfer Service in MAP," IEEE Network Vol.2 NO.3 pp.75-81 May, 1988.
7. Siamack Ayandeh, "Performance Evaluation of the IEEE 802.4 token bus protocol for distributed real-time application," IEEE Press, pp1102-1110, 1990.
8. P. J. Kuehn, "Multiqueue Systems with Non-exhaustive Cyclic Service," The Bell System Technical Journal, Vol.58, No.3, March, pp 671-698, 1989.
9. K. Chang and D. sandhu, "Mean Waiting Time Approximations in Cyclic Service Systems with Exhaustive limited Service Policy," IEEE INFOCOM'91, April, 1991, pp1168-1177, 1991.
10. Leonard Kleinrock, Queueing Systems Volume 1: Theory, John Wiley & Sons, Inc., 1975.
11. A. Alan B. Pritsker, Introduction to Simulation and SLAM II, Third Edition, Systems publishing Corporation, 1986.
12. Lee SangBae, Park Mignon, Kim JungGyu,

“Performance Analysis of the Timer Controlled Token Bus Protocol in Time-Constrained Environments,” 91’JTC-CSCC, pp439-443, 1991.

金 重 圭(Jung Gyu Kim)

정희원

1960년 11월 15일생

1984년 2월 : 연세대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1986년 2월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1992년 2월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1992년 3월 ~ 현재 : 대구대학교 정보통신공학과 조교수

※주관심분야 : 컴퓨터 통신망, MAP, 통신망 성능분석 등
일

李 龍 斗(Yong Doo Lee)

정희원

대구대학교 전자공학과 교수

제18권 제12호 참조

李 相 倍(Sang Bae Lee)

정희원

연세대학교 전자공학과 교수

제18권 제12호 참조