

토큰링 네트워크가 상호 연결된 근거리 통신망에 관한 연구

正會員 李 相 勳* 正會員 金 敬 植** 正會員 康 俊 吉*

A Study on Interconnected LAN of Token Ring Network

Sang Hun Lee*, Kyung Sik Kim**, June Gill Kang* *Regular Members*

要 約

토큰으로 매체 이용 자격을 부여하는 토큰링 시스템은 링 혹은 버스 구조의 LAN에서 매체 이용방법으로 흔히 이용되어 왔으며 이러한 시스템으로 모델링 될 수 있다. 이 시스템은 단순히 프레임의 저장하고 전송 조건에 해당되면 전송을 진행하는 브리지를 이용함으로써 단일 링들이 상호 연결된 멀티 토큰링 시스템으로 시스템 규모를 확장할 수 있다.

본 논문에서는 상호 연결된 토큰링 시스템의 전송성능을 분석하기 위하여 스테이션 큐에 도착하는 프레임들이 Poisson 과정이고 각 도착 프레임의 길이가 서로 독립이며 동등한 일반 분포를 갖는 M/G/1 큐잉 시스템을 가정하여, 임의의 프레임이 목적지까지 전달에 영향을 미치는 해석적으로 조사하였다. 프레임 전송 지연시간에 영향을 미치는 요소는 임의의 시간으로부터 토큰이 전송하는 스테이션까지 오는 데 걸리는 시간, 전송 스테이션의 전송 시간부터 스테이션 내의 대상 프레임이 전송되기까지 소요되는 대기시간, 대상 프레임의 길이와 목적지까지 소요되는 시간의 합으로 주어지며, 외부링으로부터 내부링 브리지 큐까지, 그리고 외부링 브리지 큐로부터 목적 스테이션까지의 시간에 대한 합으로 주어진다. 또한 전송지연시간에 미치는 파라미터들을 변화시킬 때 전체 지연시간에 미치는 영향을 조사하였다.

그 결과 프레임 전송 지연시간에 상대적으로 큰 영향을 미치는 요소는 프레임의 평균 도착율이 크고 수신 스테이션이 타 외부링일 비율이 커질때이며, 이는 우선순위 서비스 방식의 이용 여부에 관계없이 지연시간이 지수적 증가를 나타낸다. 이를 감소시키려면 외부링 스테이션의 수를 줄여 상대적으로 중추링의 스테이션 수를 증가시킴으로써 전체 지연시간을 줄일 수 있다.

ABSTRACT

Token ring systems which control to switch the data stream of networks by passing the token have been widely used to medium access controls in many ring or bus topology LANs. The system could be modeled for analysis as single-server-multi-queue system of the cyclic service method. These concepts could be expanded to multi-token ring systems interconnected with single ring consisting of bridges implemented simply to be stored and transmitted.

*光云大學校 電子工學科
Dept. of Electronic Eng. Kwangwoon Univ.

**濟州大學校 電子工學科 副教授
論文番號 : 92-120 (接受1992. 4. 7)

In the proposal for the performance analysis of the interconnected token ring system, it has been assumed $M/G/1$ queueing model that frame arrivals are the Poisson process at each station queue and frame sizes are independently and identically distributed. And the average time delays were analyzed mathematically for arbitrary frame transferred from source station to destination area. The time delay of the frame transmission could be explained as the sum of the average time which the token passed from arbitrary position to source station, such as the waiting time in the source station transferring the previous arrival frames, and the propagation time from source station to interdestinated point. These delays were given as the sum of the duration from inner and outer bridge queues, the time delays from inner and outer bridge queues, and the time from outer bridge queue to destination station. These results were investigated by varying parameters effected to total time delays.

In the results, those factors to be effected to dominant the total time delays were increased were in the cases of the high arrival rates and the high ration of destination of the other outerring. The system were shown the time delays increased exponentially in spite of the priority service policy. In order to decreasing the number of outerrings and increasing the number of nodes in backbone relatively, so the systems could be decreased the total time delay in the interconnected token ring system.

I. 서 론

최근 공중 통신망(public telecommunication network)을 통하여 음성, 영상 및 컴퓨터 데이터를 모두 디지털 신호로 처리하는 종합정보 통신망(ISDN)의 연구와함께 장거리 전송 서비스와 패킷 서비스의 부가가치를 더한 부가가치 통신망(VAN)의 시대가 도래하고 있다. 이러한 통신망은 그 전송 거리에 따라 광대역 통신망(WAN)과 근거리 통신망(LAN)으로 분류할 수 있으며, WAN은 서비스 범위가 전세계로 확장될 수 있는 큰 규모의 통신망인 반면에 LAN은 전송거리가 대표적으로 10km 이내인 통신망으로 빌딩, 공장, 대학 혹은 연구소 등과 같이 지리적으로 제한된 영역내에서 다양한 데이터 통신 소자들을 연결하여 필요한 정보를 교환하거나 자원을 공유하는 통신망 시스템이다.

본 논문에서는 상호 연결된 링 시스템의 전송성능을 분석하기 위하여 단일 토큰 링 구조와 토큰 프로토콜을 조사한 다음 전송 프레임(frame)이 Poisson 과정으로 전송 스테이션에 도착하고 각 프레임의 길이가 서로 독립적이며 일반분포(general distribution)[1-4]를 갖는 토큰 링 시스템의 큐잉 모델을 설정한다.

단일 토큰 링과 연관된 연구 문헌들로는, 순환 서비스 시스템에서 스테이션 수가 2인 경우에 대한 정

확한 해석[5]이 있으며, 일반 스테이션 수에 대한 해석은 Cooper[6][7] 등에서 조사되었으나 스위치(switch) 전환시간을 고려하지 않았고, 스위치 전환시간을 고려한 일반 시스템은 Eigenberg[8]에서 해석되었다. 상호 연결 토큰 링의 경우, Strole[9]은 상호 연결 토큰 링 구조(topology)에 대해서만 언급하였고, Bux와 Grillo[10] 및 Bux[11]는 프레임 진로 제어(flowcontrol)에 대한 시뮬레이션 결과를 보고하였으나, 상호 연결 토큰링의 해석적 연구가 발표되지 않고 있다.

단일 LAN들이 상호 연결된 토큰 링의 전송성능을 분석하기 위하여 먼저 단일 링에서 프레임 전송 지연에 영향을 미치는 요소들을 조사하고, 이를 이용하여 단일 토큰 링들이 브리지(bridge)에 의해 상호 연결되어 중추링(backbone ring)을 형성하는 시스템의 전송 대기시간을 조사 분석한다. 본 토큰 링은 서로 동일한 토큰 링들이 상호 연결된 경우를 가정하였으며, 전송을 위해 스테이션 큐에 도착하는 프레임의 평균 도착율이 모든 스테이션에서 동일하고, 프레임의 수신 스테이션이 중추링을 지나 다른 토큰 링상의 스테이션일 비율을 모든 이 스테이션에서 동일하게 가정하여 전송 지연시간에 대한 전송성능을 이론적으로 분석하고, 컴퓨터 시뮬레이션(simulation)으로써 본 해석 방법의 타당성을 확인한다.

II. 큐잉 모델

링내에 순환하는 토큰을 취득한 스테이션만이 매체를 이용할 권한을 부여받는 토큰링 네트워크는 전송을 원하는 각 스테이션들을 전송 큐들로 표현할 수 있으며, 이 큐들은 토큰을 나타내는 순환 스위치에 의해 순차적인 방법으로 전송 서비스를 받는다고 볼 수 있다.

각 스테이션에 큐가 도착하는 프레임은 도착율(arrival rate)을 갖는 Poisson 과정으로 도착하며, 스테이션 큐 i 에서 프레임의 전송 시간인 서비스 시간은 평균치와 2차 모우먼트(moment)가 각각 S_i 와 $S_i^{(2)}$ 을 갖는 일반분포(general distribution)으로 가정한다. 이와같은 시스템은 그림 2-1과 같은 순환 서비스 방식을 갖는 단일 서버멀티 큐(single servermulti-queue) 시스템으로 모델링 될 수 있다.

이러한 시스템은 상이한 3가지 형태의 스테이션 서비스 방식을 가질 수 있으며, 서버가 다음 스테이션에 스위치를 전달하기 전에 큐 내의 모든 프레임들을 완전히 서비스하는 완전전송 서비스 방식[12][13], 서버가 자신의 스테이션에 스위치를 전환하였을 때

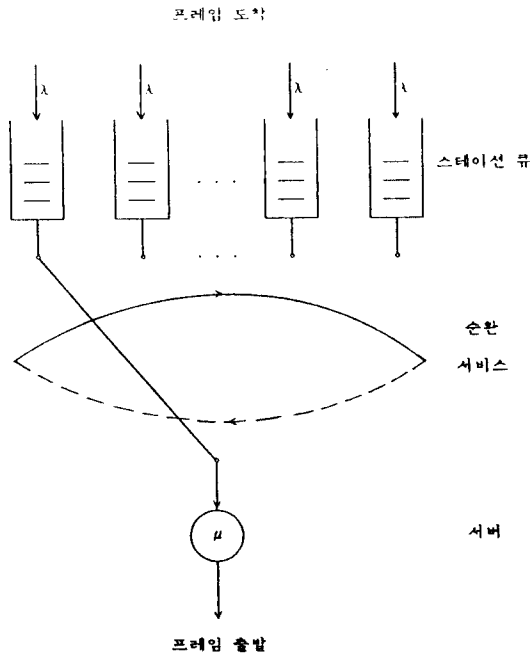


그림 2-1. 순환 서비스 시스템의 큐잉 모델
Fig. 2-1. Queueing model of cyclic service system

까지 도착한 모든 프레임을 서비스하는 게이팅(gating) 서비스 방식[14][15], 그리고 어떤 설정된 전송 시간 이내의 프레임만을 서비스하는 유한(limiting) 서비스 방식[16][17]이 있다. 만일 각 스테이션의 토큰 점유 시간이 매우 길다면, 완전전송 방식이 되므로 본 논문에서는 완전전송 서비스 방식에 대하여 조사 분석한다.

III. 토큰링 시스템의 전송 대기시간

3-1 토큰링의 전송 대기 시간

임의의 스테이션에 임의의 시각에 도착한 프레임의 전송 대기시간은 그림 3-1(a)와 같이 다른 스테이션들이 서비스 받는 시간 W_1 과 자신의 스테이션에 미리 도착하여 있던 프레임들의 전송 시간과의 합이다.

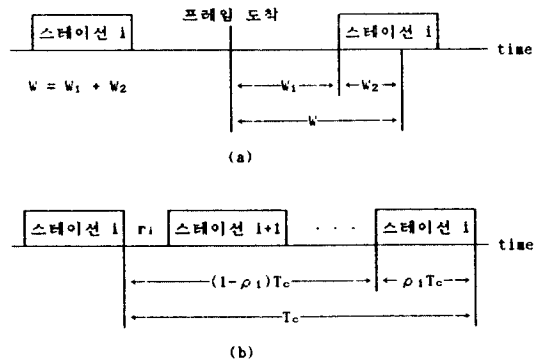


그림 3-1. (a)대기시간 (b)순환 시간의 간격시간
Fig. 3-1. (a)Waiting time (b)Inter-visiting cycle time

W_1 은 스테이션 i 에서 서비스가 끝난 다음부터 다시 스테이션 i 에 서비스가 시작되는 순환시간의 간격시간 $t_a = (1 - \rho_i)t_c$ 의 잔류 도착 간격시간(residual interarrival lifetime) R_a 에 해당하며, t_a 는 총 순환 시간 T_c 에서 스테이션 i 가 서비스 받는 시간 $t_i = i T_c S_i$ 를 뺀 값이다.

$$E[t_a] = E[t_c] - E[S_i] = \frac{(1 - \rho_i)R}{1 - \rho} \quad (3-1)$$

그러므로 W_1 은 잔류 도착 간격시간 R_a 에 해당하고 다음과 같이 구할 수 있다.

$$E[W_1] = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t} \int_0^t t_a(\tau) d\tau = \frac{E[t_a^2]}{2E[t_a]} \quad (3-2)$$

여기서 첫째 극한은 단위 시간당 t_a 의 수인 $1/E[t_a]$ 에 해당하며, 두번째 극한은 t_a 의 2차 모우먼트를 나타낸다. $E[t_a^2]$ 은 $\text{Var}[t_a] + E^2[t_a]$ 이므로 다음과 같이 주어진다.

$$E[W_1] = \frac{E[t_a]}{2} + \frac{\text{Var}[t_a]}{2E[t_a]} \quad (3-3)$$

W_2 는 한 스테이션 큐에서의 대기시간에 해당하므로 식(3-27)의 Pollaczek-Khinchin 공식에 의해 주어지는 값이다.

$$E[W_2] = \frac{\lambda S^{(2)}}{2(1-\lambda S)} \quad (3-4)$$

그러므로 임의 프레임의 평균 대기시간은 다음과 같다.

$$E[W] = E[W_1] + E[W_2] \\ = \frac{E[t_a]}{2} + \frac{\text{Var}[t_a]}{2E[t_a]} + \frac{\lambda S^{(2)}}{2(1-\lambda S)} \quad (3-5)$$

이 식의 결과는 Eigenberg[8]가 합성(convolution)과 Laplace-Stieltjes 변환을 이용하여 구한 결과와 일치한다.

임의의 송신 스테이션에서 임의의 수신 스테이션으로 임의의 프레임을 전송하는데 걸리는 총 평균 지연시간 $E[T_d]$ 는 식(3-5)에 프레임 길이에 해당하는 서비스 시간 S 와 송수신 스테이션 사이의 평균 링 전파 시간 $R/2$ 을 더하여야 한다.

$$E[T_d] = \frac{E[t_a]}{2} + \frac{\text{Var}[t_a]}{2E[t_a]} + \frac{\lambda S^{(2)}}{2(1-\lambda S)} + S + \frac{R}{2} \quad (3-6)$$

$E[t_a]$ 는 식 (3-1)의 결과를 대입하여 총 평균 지연시간을 구할 수 있으며, $E[W_1] = E[t_a]/2$ 로 약산화하여 구한 결과가 Schwartz[18]와 Bux[19]의 총 평균 지연시간으로 다음과 같다.

$$E[T_d] = \frac{R(1-\rho)}{2(1-\rho)} + \frac{N\lambda S^{(2)}}{2(1-\rho)} + S + R/2 \quad (3-7)$$

3-2 우선순위 서비스 시스템

토콘 링에서 전송 프레임은 우선순위(priority)를

가질 수 있으며, 전송 진행중에 있는 프레임의 전송은 더 높은 우선순위 프레임의 전송 요구가 있을지라도 진행 중인 전송을 완수하는 경우(nonpreemptive service)와 더 높은 우선순위 프레임이 나타나면 진행 중인 전송을 중지하고, 높은 우선순위 프레임이 전송되는 경우(preemptive resume service)가 있으나 [20] 본 논문에서는 진행 중인 전송은 완수하는 경우를 가정한다. 이 경우 앞에서 구한 $E[W_2]$ 는 다음과 같이 변형된다. 가장 높은 우선순위를 1, 가장 낮은순위를 k 로 할 경우 다음의 관계식이 성립한다.

$$\rho_j = \lambda_j S_j \quad (3-8)$$

$$\rho = \rho_1 + \rho_2 + \dots + \rho_k < 1 \quad (3-9)$$

가장 높은 우선순위 프레임의 평균 대기시간을 W_{p1} , 두번째 우선순위 프레임을 W_{p2} 등으로 표현하면 다음과 같이 주어진다.

$$W_{p1} = L + N_{q1} S_1 \quad (3-10)$$

여기서 L 은 전송 중인 프레임의 나머지 서비스 시간(residual service time)이며, S_1 은 우선순위 1인 프레임의 서비스 시간이고 N_{q1} 은 우선순위 1인 프레임의 수이다. $N_{q1} = L + \lambda_1 W_{p1}$ 이므로 식(3-10)에 대입하여 정리하면 다음과 같다.

$$W_{p1} = \frac{1}{1-\rho_1 a} \quad (3-11)$$

우선순위 2인 프레임의 대기시간은 우선순위 1의 총 서비스 시간과 우선순위 2 프레임의 전송시간 및 이 시간동안 도착하는 우선순위 1 프레임의 전송시간의 합으로 주어진다.

$$W_{p1} = W_{p2} + N_{q2} S_2 + M_1 S_1 \quad (3-12)$$

여기서 M_1 은 W_{p2} 동안 도착하는 우선순위 1인 프레임의 도착 평균값으로 다음과 같다.

$$M_1 = \lambda_1 W_{p2} \quad (3-13)$$

식 (3-12)에 식 (3-11)와 식 (3-13)을 대입하고 정리하면

$$W_{p2} = \frac{L}{(1-\rho_1)(1-\rho_1-\rho_2)} \quad (3-14)$$

으로 되고, 일반식으로 표현하면 다음과 같이 된다.

$$W_{pj} = \frac{L}{(1-\rho_1 - \dots - \rho_{i-1})(1-\rho_1 - \dots - \rho_j)} \quad (3-15)$$

여기서 L은 나머지 서비스 시간에 해당하므로 아래와 같다.

$$L = \frac{\sum_{i=1}^k \lambda_i S_i^{(2)}}{2} \quad (3-16)$$

식 (3-16)을 식 (3-15)에 대입하면 다음과 같이 된다.

$$W_{pj} = \frac{\sum_{i=1}^k \lambda_i S_i^{(2)}}{(1-\rho_1 - \dots - \rho_{i-1})(1-\rho_1 - \dots - \rho_j)} \quad (3-17)$$

식 (3-17)은 Pollaczek-Khinchin 식에서 우선순위를 고려한 변형식이다.

IV. 상호 연결 링 시스템의 전송 대기시간

4-1 상호 연결 링 시스템의 구조와 큐잉 모델

여러 단일 토큰 링을 결합한 상호 연결된 토큰 링 시스템은 단일링 내부의 전송 뿐아니라 다른 단일 링으로 전송을 할 수 있어야 한다. 이러한 기능을 수행하는 장치로는 브리지와 게이트웨이(gate-way)가 있으며, 게이트웨이는 프로토콜이 다른 통신망 사이의 프레임 전송 중계 역할을 담당하는 소자로 이용되고 있다. 본 논문에서 채택한 여러 단일 토큰링 사이의 프레임 전송의 공통 통로를 제공하는 브리지들로 구성된 중추링은 일반적으로 표준화된 FDDI 토큰 링 프로토콜에 의해 동작하며 그림 4-1과 같은 상호 연결 링 형태를 이룬다. 이들 브리지 구조는 그림 4-2와 같이 양 방향의 버퍼 풀(buffer pull)로 취급할 수 있다.

본 논문에서는 그림 4-1과 같은 상호 연결 링 시스템의 프레임 대기 시간을 해석적으로 조사 분석하기 위하여 먼저 일반적 해석인 외부 토큰링과 내부 브리

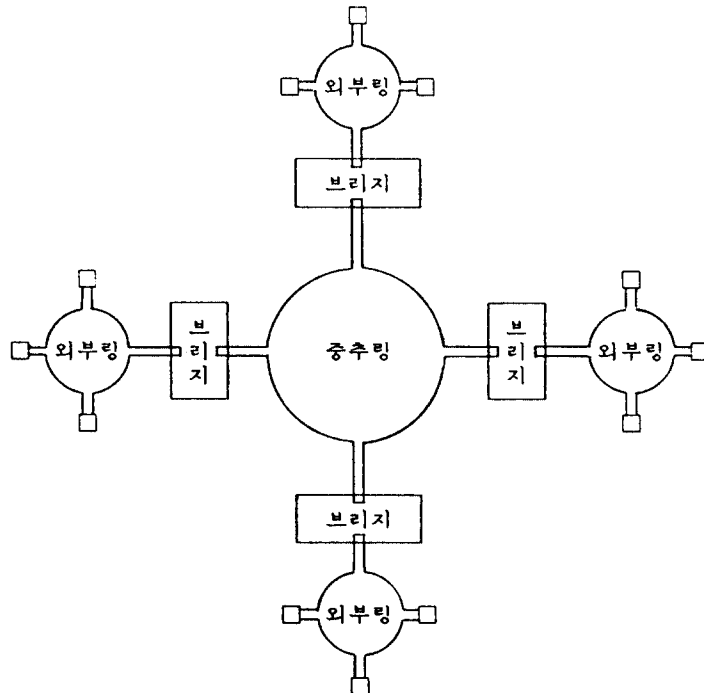


그림 4-1. 중추 링으로 상호 연결된 토큰 링 시스템

Fig. 4-1. Interconnected token ring system with backbone ring.

지 중추링의 전송율이 다른 경우의 프레임 전송 대기 시간을 조사한다. 또한 프레임 전송이 외부링 자체 내부 일대의 브리지를 지나 타 외부링으로 전송될 때의 두가지 전송 프레임에 대한 상이한 우선순위 서비스 방식을 적용하여 분석한다.

본 논문에서는 M개의 브리지로 이루어진 중추링인 내부링과 N개의 스테이션들로 구성된 외부링을 가정하여 외부링에서의 프레임 도착율은 모두 동일한 λ 를 가정하고, 브리지는 내부링 브리지 큐와 외부링 브리지 큐로 분리하여 각각 하나의 스테이션 큐로 해석한다.

그러므로 외부링의 스테이션 큐 수는 (N+1)이 되며, 내부링은 M개의 스테이션 큐로 가정하여 해석한다.

4-2 상호 연결 링 시스템의 대기시간

전송을 원하는 각 프레임들은 수신 스테이션이 동일 외부링일 경우와 상이한 외부링일 두가지 종류가 존재한다. 각 스테이션 큐의 프레임 도착율을 λ 라 할 때, 전송 프레임의 수신 스테이션이 상이 외부링 상의 스테이션일 비율을 α 로 가정하면 수신 스테이션이 동일 외부링일 경우가 $(1-\alpha)\lambda$ 의 프레임 도착율을 가지며 상이한 외부링일 경우가 $\alpha\lambda$ 의 프레임 도착율을 가지게 된다.

내부링 브리지 큐에 도착하는 프레임의 수는 외부링 순환시간 T_{co} 동안 N개의 스테이션에서 각각 $\alpha\lambda T_{co}$ 개의 프레임을 내부링 브리지 큐로 전송하므로, 내부링 브리지 큐에서의 도착율 λ_i 는

$$\lambda_i = N\alpha\lambda T_{co} / T_{co} = N\alpha\lambda \quad (4-1)$$

이다. 같은 방법으로 외부링 브리지 큐에 도착하는 프레임들은 (M-1)개의 내부링 브리지 큐에서 내부링 순환시간 T_{ci} 동안 각각 $\lambda_i T_{ci} = N\alpha\lambda T_{ci}$ 개의 프레임을 (M-1)개의 내부링 브리지 큐에서 동일한 전송분포인 $N\alpha\lambda T_{ci} / (M-1)$ 개씩 전송하므로 외부링 브리지 큐의 도착율 λ_o 는 다음과 같이 주어진다

$$\lambda_o = [(M-1)N\alpha\lambda T_{ci} / (M-1)] / T_{ci} = N\alpha\lambda \quad (4-2)$$

식 (4-1)과 식 (4-2)에서 외부링 브리지 큐와 내부링 브리지 큐의 도착율이 동일함을 알 수 있다.

프레임을 전송할 수신측 스테이션이 상이한 외부링 상의 스테이션일 때와 동일한 링상의 스테이션일

때에 따른 프레임 전송 대기 시간을 각각 W_{s1} , W_{s2} 라 하고 먼저 외부링 순환시간 T_{co} 를 구하면

$$T_{co} = N(\lambda T_{co} S_o + r) + (N\alpha\lambda T_{co} + r) \quad (4-3)$$

이고 이 식의 우변 첫항은 N개의 스테이션의 전송 시간과 스위치 전환 시간의 합이며, 두번째 항은 외부링 브리지 큐에서의 전송시간과 스위치 전환 시간의 합이다. 그러므로 외부링 순환시간은

$$T_{co} = \frac{r(N+1)}{1 - (1+\alpha)N\lambda S_o} \quad (4-4)$$

이고, 이 식은 단일 링에서의 순환 시간인 상호 연결 링 시스템의 외부링 순환시간이다. 식(4-4)의 우변 분자의 $r(N+1)$ 은 외부링 전체 스위치 전환시간 R_o 에 해당하고, 분모의 $(1+\alpha)N\lambda S_o$ 는 외부링 이용비율 ρ 에 해당한다.

W_{s2} 는 단일링에서의 식(3-2)을 $E[ta_2] / 2E[ta] = E[ta] / 2$ 와 같은 약산식 [18][19]의 관계를 이용하여 면 다음과 같이 표현된다.

$$W_{s2} = \frac{(1-\alpha S_o)R_o}{2[1-(1+\alpha)N\lambda S_o]} + \frac{(1-\alpha)N\lambda S_o^{(2)}}{2[1-(1+\alpha)N\lambda S_o]} \quad (4-5)$$

W_{s1} 은 그림 4-2과 같이 외부링 스테이션 큐에서의 내부링에서 도착율이 대기 시간과 내부링 브리지 큐에서의 대기 시간 및 외부링 브리지 큐에서의 대기 시간의 합으로 주어진다. 외부링 스테이션 큐에서의 대기시간은 W_{s2} 이며, 내부링 브리지 큐에서의 대기시간 W_{q1} 은 M개로 구성된 내부링에서 도착율이 $N\alpha\lambda$ 인 단일 토큰 링의 대기시간에 해당하므로 내부링 브리지 큐에서의 대기시간은 다음과 같이 표현된다.

$$W_{q1} = \frac{(1-N\alpha S_i)R_i}{2(MN\alpha\lambda S_i)} + \frac{MN\alpha\lambda S_i^2}{2(MN\alpha\lambda S_i)} \quad (4-6)$$

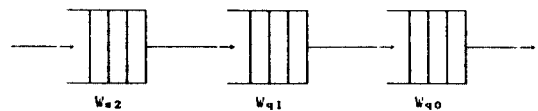


그림 4-2. 내부링을 통과하는 프레임의 큐잉 모델
Fig. 4-2. Queuing model of the frame through the inner-ring

외부링 브리지 큐에서의 대기시간 W_{q0} 는 외부링 전체 도착율이 $(1+\alpha)\lambda N$ 이므로 다음과 같이 된다.

$$W_{q0} = \frac{(1-N\alpha\lambda S_0)R_0}{2[1-(1+\alpha)N\lambda S_0]} + \frac{(1+\alpha)N\lambda S_0^2}{2[1-(1+\alpha)N\lambda S_0]} \quad (4-7)$$

그러므로 W_{s1} 은 그림 4-2에서와 같이 3가지 지연 요소의 합으로 다음과 같이 주어진다.

$$W_{s1} = \frac{(2-\lambda S_0 - N\alpha S_0)R_0 + 2(1+\alpha)N\lambda S_0^{(2)}}{2[1-(1+\alpha)N\lambda S_0]} + \frac{(1-N\alpha\lambda S_1)R_1 + MN\alpha\lambda S_1^{(2)}}{2(1-MN\alpha\lambda S_1)} \quad (4-8)$$

프레임의 전체 지연시간은 각종 버퍼 큐에서의 대기시간과 프레임 길이에 해당하는 지연시간 및 링 전파시간을 합산하여야 하므로 수신 스테이션이 타 외부링일 때와 동일 외부링일 때의 전체 지연시간을 각각 T_{s1} , T_{s2} 라 하면 다음과 같이 표현된다.

$$T_{s1} = (W_{s2} + S_0 + R_0/2) + (W_{q1} + S_1 + R_1/2) + (W_{q0} + S_0 + R_0/2) = \frac{(2-\lambda S_0 - N\alpha S_0)R_0 + 2(1+\alpha)N\lambda S_0^{(2)}}{2[1-(1+\alpha)N\lambda S_0]} + \frac{(1-N\alpha\lambda S_1)R_1 + MN\alpha\lambda S_1^{(2)}}{2(1-MN\alpha\lambda S_1)} + 2S_0 + S_1 + R_0 + R_1/2 \quad (4-9)$$

마찬가지로 T_{s2} 는 아래와 같이 표현된다.

$$T_{s2} = W_{s2} + S_0 + R_0/2 + \frac{(1-N\alpha\lambda S_0)R_0 + (1+\alpha)N\lambda S_0^{(2)}}{2(1-MN\alpha\lambda S_1)} + S_0 + R_0/2 \quad (4-10)$$

4-3 우선순위 서비스 시스템의 전송 대기시간

우선순위 서비스 시스템을 채택할 경우, 전송 프레임의 수직축 스테이션이 타 외부 링일 때를 동일한 외부 링일 때보다 더 높은 우선순위를 주어, 높은 우선순위 프레임의 스테이션 큐에서 대기시간을 W_{p1} , 두번째 우선순위를 W_{p2} 라 하면 전송 대기시간은 식 (3-17)의 우선순위 프레임의 전송 대기시간을 이용하면 다음과 같이 주어진다.

$$W_{p1} = \frac{(1+\alpha)N\lambda S_0^{(2)}}{2(1-2N\alpha\lambda S_0)} + \frac{(1-\alpha\lambda S_0)R_0}{2(1-2N\alpha\lambda S_0)} \quad (4-11)$$

이 식의 분모에 있는 $2N\alpha\lambda S_0$ 는 N개의 스테이션 큐에서 우선순위 1인 프레임의 이용비율 $N\alpha\lambda S_0$ 와 외부링 브리지 큐의 이용비율 $N\alpha\lambda S_0$ 의 합이며 우변 첫번째 분자는 외부링 전체 도착율에 서비스 시간의 2차 모멘트 $S_0^{(2)}$ 를 곱한 결과이다. 또한 두번째 우선순위의 경우도 식 (3-17)을 이용하면 다음과 같이 표현된다.

$$W_{p2} = \frac{(1+\alpha)N\lambda S_0^{(2)}}{2(1-2N\alpha\lambda S_0)[1-2N\alpha\lambda S_0 - N(1-\alpha)\lambda S_0]} + \frac{(1-\lambda S_0)R_0}{2(1-2N\alpha\lambda S_0)} = \frac{(1+\alpha)N\lambda S_0^{(2)}}{2(1-2N\alpha\lambda S_0)[1-(1+\alpha)N\lambda S_0]} + \frac{(1-\lambda S_0)R_0}{2(1-2N\alpha\lambda S_0)} \quad (4-12)$$

내부링 브리지 큐에서의 대기시간은 내부링 내의 프레임들이 높은 우선순위 뿐이므로 우선순위가 없는 경우와 동일하며 아래와 같다.

$$W_{q1} = \frac{(1-N\alpha\lambda S_1)R_1}{2(1-MN\alpha\lambda S_1)} + \frac{MN\alpha\lambda S_1^{(2)}}{2(1-MN\alpha\lambda S_1)} \quad (4-13)$$

외부링 브리지 큐에서의 대기시간은 스테이션 큐 내에서의 대기시간 W_{s1} 과 동일하나 일반 스테이션 큐에서의 도착율과의 차이 때문에 다음과 같이 주어진다.

$$W_{q0} = \frac{(1+\alpha)N\lambda S_0^{(2)}}{2(1-2N\alpha\lambda S_0)} + \frac{(1-N\alpha\lambda S_0)R_0}{2(1-2N\alpha\lambda S_0)} \quad (4-14)$$

각 우선순위 프레임의 전체 지연시간은 위에서 구한 각 대기시간에 평균 프레임 전송시간과 평균 전송거리를 더하여야 하며, T_{p1} 은 다음과 같이 표현된다.

$$T_{p1} = (W_{p1} + S_0 + R_0/2) + (W_{q1} + S_1 + R_1/2) + (W_{q0} + S_0 + R_0/2) = \frac{2(1+\alpha)N\lambda S_0^{(2)}}{2(1-2N\alpha\lambda S_0)} + \frac{[2-(1+N)\alpha\lambda S_0]R_0}{2(1-2N\alpha\lambda S_0)} + \frac{(1-N\alpha\lambda S_1)R_1 + MN\alpha\lambda S_1^{(2)}}{2(1-MN\alpha\lambda S_1)} + 2S_0 + R_0 + S_1 + R_1/2 \quad (4-15)$$

마찬가지로 두번째 우선순위 프레임의 전체 지연시간 T_{p2} 는 다음과 같이 표현된다.

$$T_{p2} = W_{p2} + S_o + R_o / 2$$

$$= \frac{(1-\alpha)N\lambda S_o^{(2)}}{2(1-2N\alpha\lambda S_o)[1-(1+\alpha)\lambda S_o]}$$

$$+ \frac{(1-\lambda S_o)R_o}{2(1-2N\alpha\lambda S_o)} + S_o + R_o / 2 \quad (4-16)$$

V. 시뮬레이션과 결과 및 고찰

5-1 시뮬레이션

본 시뮬레이션에 적용될 M/G/1 큐잉 시스템은 Kendall[21]이 제안한 큐잉 시스템의 기호 표기 방식으로, 도착과정 (arrival process)이 Poisson 도착, 즉 도착 간격시간(interarrivaltime)이 서로 독립적이며 동등한 분포(independent and identically distributed)를 갖는 지수 확률변수 (exponential random variables)이고 서비스 시간이 일반 분포 (general distribution)에 따른 서로 독립적이며 동등한 분포를 가진다.

본 시뮬레이션에서는 임의의 스테이션에서 임의의 다른 링 상의 스테이션으로 프레임을 전송할때의 전체 지연시간을 구하려 한다.

임의의 송수신 스테이션과 임의의 이 송신 스테이션 내의 임의의 프레임은 균일 분포(uniform distribution)의 확률변수를 이용하며, 중추링과 수신 외부링에서도 동일한 방법을 사용한다.

본 시뮬레이션에서 이용한 링 잠재시간은 각 스테이션에 동일하게 스테이션 잠재시간 1비트와 50[m]에 해당하는 스테이션 사이의 전파시간을 더한 값 5[μs]로 하였다. 외부링과 내부링모두 동일한 전송속도와 대칭구조를 사용한다.

5-2 결과 및 고찰

스테이션간 평균거리는 50[m]로하였으며, 전파속도 2×10^8 [m/s][22]에 대한 스테이션간 프레임 지연 시간은 0.25[μs]에 해당한다. 그리고 스테이션 잠재시간은 1비트로 하였으며, 4[Mbps]의 채널 용량에 대한 스테이션 잠재시간은 0.25[μs]에 해당하므로 이 두 시간의 합 0.5[μs]가 스위치 전환시간에 해당한다. 스테이션 별 서비스 시간은 평균 10[ms]로 하였으며 IEEE 802.5 프레임 양식에 따른 오버헤드

21[octets]의 시간 42[μs] 이하의 서비스 시간과 그 대칭 상한치 19958[μs] 이상도 존재하지 않는 경우로 가정한다. 이 상한 시간은 79832 비트에 해당한다. 멀티링 시스템의 총 스테이션 수는 3600으로하여 외부링과 내부링 모두 60씩일 때를 표준으로 한다. 그리고 타 외부링으로 프레임이 전달될 비율을 프레임 도착수의 α 로 하며 이값을 0.05로 하였으며, 프레임 도착율은 분당 1을 표준으로 가정하였다.

그림 5-1은 단일 토크링에서 이용비율을 0.5에서 95까지 변화시켰을 때의 프레임 평균 프레임 서비스 시간이 10[ms] 일때의 결과이다.

그림 5-2은 멀티링 전체 스테이션 수를 3600으로 한 상태에서 외부링의 수를 변화시킨 경우로 외부링의 수를 8에서 200까지 변화시켰을 때의 지연시간을 나타내는 곡선이다.

그림 5-4는 멀티링 시스템에서 외부링과 내부링의 수가 모두 60이고 α 가 0.05일때, 각 스테이션에서의 평균 서비스 시간을 변수로한 지연시간을 조사한 곡선으로 프레임 도착율이 분당 1, 2, 4, 8 일때의 지연시간을 나타낸다.

그림 5-5는 그림 5-4에서의 평균 서비스시간 변화 대신에 0.01에서 0.1까지 변화시켜 지연시간을 조사한 곡선으로 평균 서비스 시간은 스테이션당 10[ms]로 가정하였을 때의 곡선이다.

그림 5-6은 프레임의 도착율이 분당 1, α 가 0.05, 평균 서비스 시간이 10[ms] 일때, 스테이션 사이의 거리를 10[m]에서 100[m]까지 변화시킴에 따른 지연시간을 나타내는 곡선으로 외부링 스테이션의 수가 각각 40, 60, 90, 120 일때 지연시간이 모두 직선적 증가를 나타낸다.

그림 5-7은 멀티링 시스템에서 우선순위 서비스 방식을 적용하였을 때의 지연특성으로 수신 스테이션이 상이한 외부링일 때를 높은 우선 순위로 지정한 경우에 대한 지연 특성곡선이다.

그림 5-8은 그림 5-7에서의 α 값을 0.05로 고정하고 외부링 스테이션의 수를 40, 60, 90, 120으로 변화됨에 따른 지연특성 곡선으로 프레임 도착율의 증가에 대해 거의 선형적인 지연시간의 증가를 나타내었다.

그림 5-9와 그림 5-10은 각각 스테이션에서의 프레임 도착율의 변화와 외부링 스테이션 수의 변화에 따른 전체 지연시간을 확률변수를 이용하여 시뮬레이션 한 결과로서, 상기 지연 특성에서 지연시간에 상대적으로 큰 변화를 나타내는 요소는 그림 5-5에서와 같이 평균 서비스 시간이 상대적으로 크고 프레임 도

착율이 큰 경우로, 이와같이 상대적으로 큰 지연시간을 감소시키기 위해서는 평균 서비스시간과 프레임 도착율이 작아야함을 의미한다. 지연시간에 큰 영향을 미치는 또 다른 요소로는 그림 5-2와 그림 5-7에서와 같이 수신 스테이션이 상이한 외부링일 프레임 확률이 0.1과 같이 상대적으로 큰 경우로 프레임 도착율의 증가에 따른 지연시간의 증가는 우선순위 서비

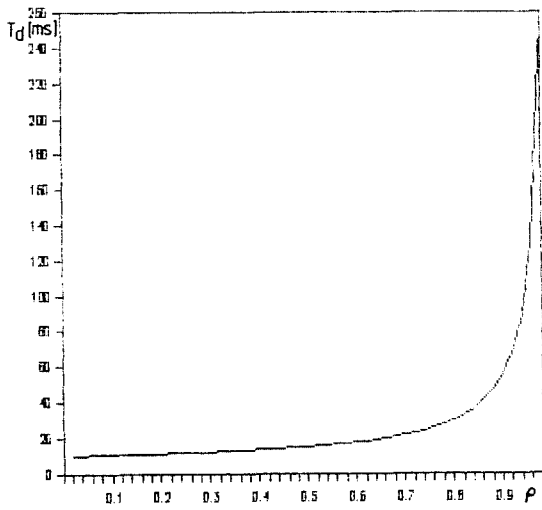


그림 5-1. 이용비율 ρ 의 변화에 따른 단일 링에서의 지연 시간
Fig. 5-1. Time delay in single ring by varying parameter ρ .

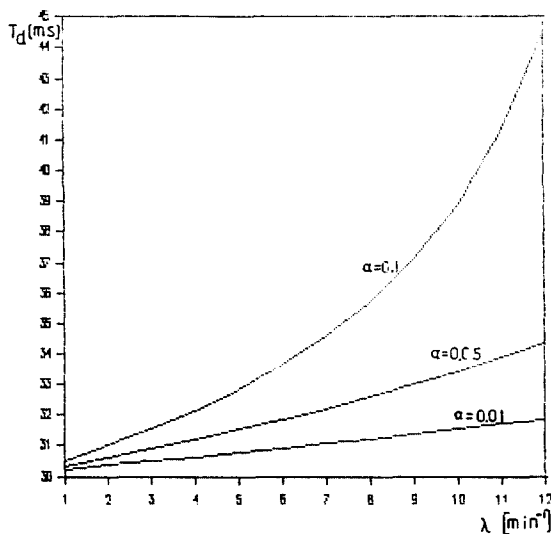


그림 5-2. 프레임 도착율 λ 의 변화에 따른 지연시간
Fig. 5-2. Time delay by varying the arrival rate λ .

스 방식의 채택 여부에 관계없이 지연시간이 모두 지수적 증가를 나타내었다. 이 경우 지연시간을 상대적으로 감소시키려면, 그림 5-8의 결과를 이용해 멀티링 시스템의 외부링 스테이션 수를 줄여 중추링의 스테이션수를 증가시킴으로써 전체 지연시간을 다소 줄일 수 있음을 의미한다.

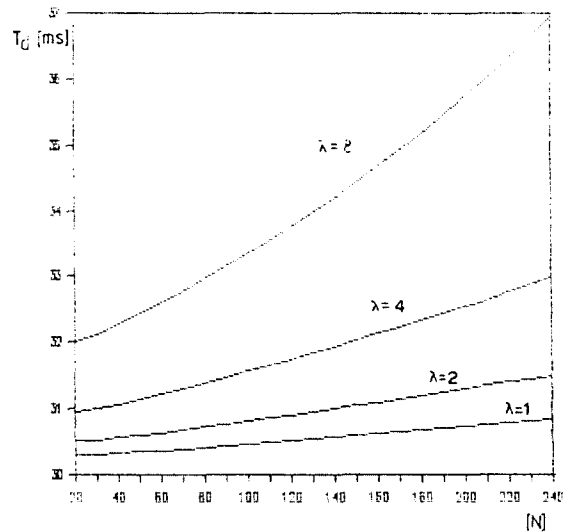


그림 5-3. 외부링 스테이션 수 N의 변화에 따른 지연시간
Fig. 5-3. Time delay by varying station number N of the outring.

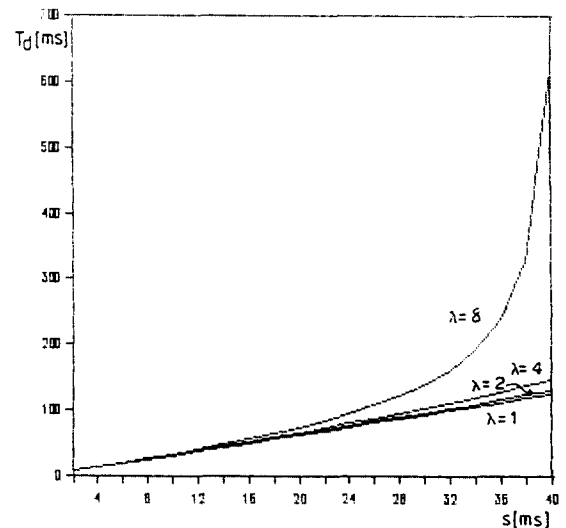


그림 5-4. 서비스 시간 S의 변화에 따른 지연시간
Fig. 5-4. Time delay by varying the service time S.

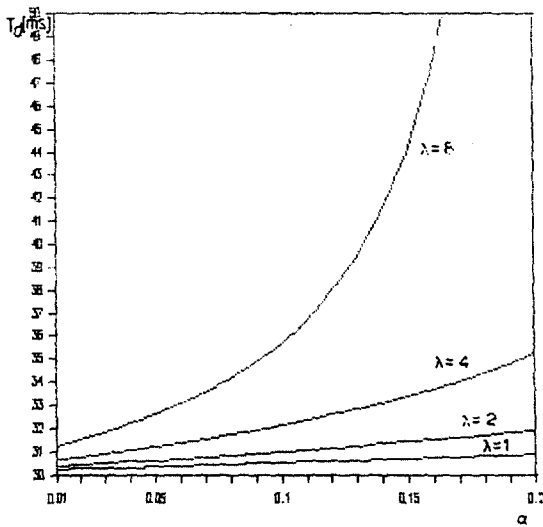


그림 5-5. 타 외부링으로 전송될 비 α 의 변화에 따른 지연 시간
 Fig. 5-5. Time delay by varying the ratio α that transfer the other outerring.

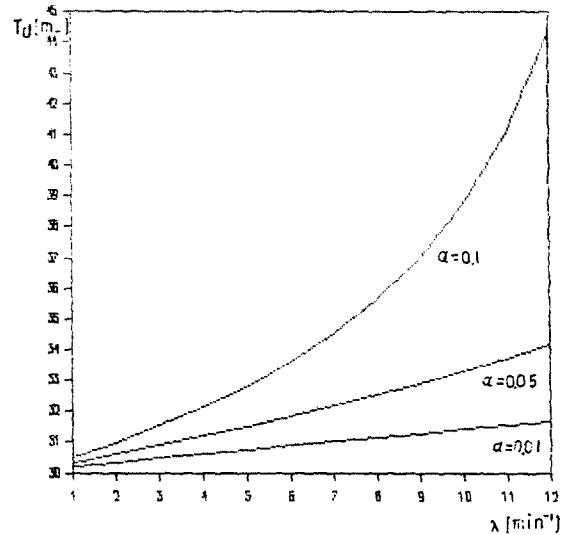


그림 5-7. 우선순위 방식에서 N이 일정할 때의 지연시간
 Fig. 5-7. Time delay when N is constant at priority policy.

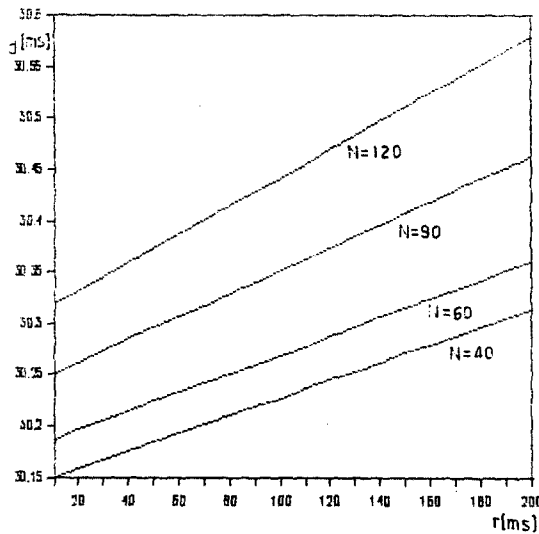


그림 5-6. 스테이션 간의 거리 r의 변화에 따른 지연시간
 Fig. 5-6. Time delay by varying the distance between stations r.

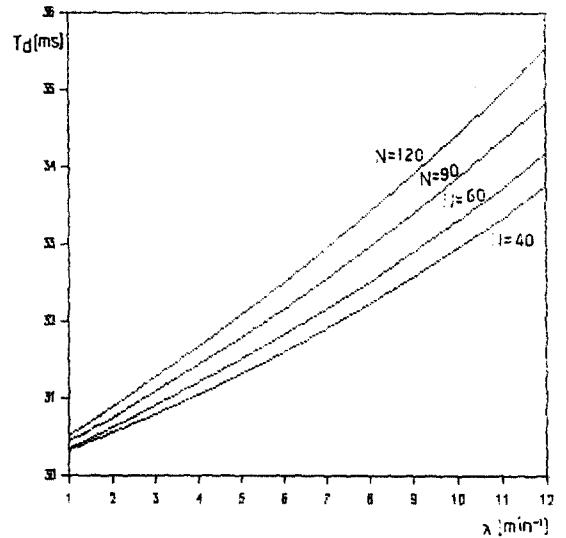


그림 5-8. 우선순위 방식에서 α 가 일정할 때의 지연시간
 Fig. 5-8. Time delay when α is constant at priority policy.

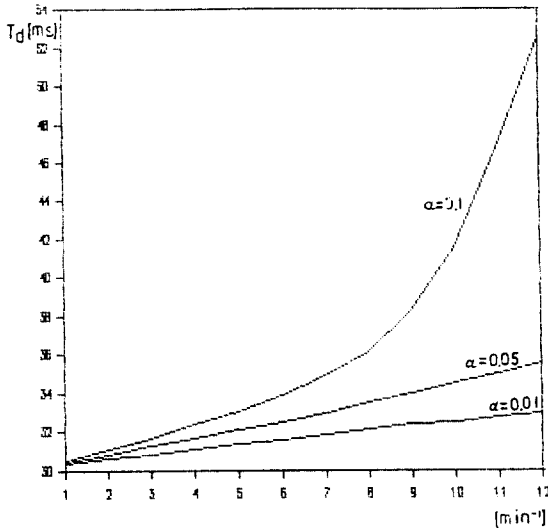


그림 5-9. N이 일정할 때 도착율의 변화에 따른 시뮬레이션 결과

Fig. 5-9. The simulation results by varying the arrival rate at constant N.

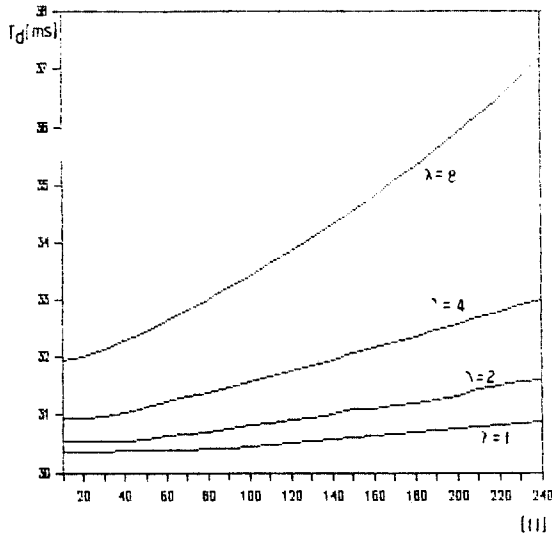


그림 5-10. alpha가 일정할 때의 스테이션 수의 변화에 따른 시뮬레이션 결과

Fig. 5-10. The simulation results by varying the station number at constant alpha.

VI. 결 론

외부 링들이 브리지에 의해 상호 연결되어 내부 링으로 중추 링을 구성하여 이루어지는 토크링 시스템의 프레임 전송 지연시간을 분석하였다. 외부 링 스테이션에 도착하는 프레임들은 Poisson 도착을 가정하며, 프레임 전송시간인 서비스 시간은 독립적이며 동등하게 분포하는 일반분포로 가정하였다. 성능분석을 위한 해석 모델은 각 스테이션을 스테이션 큐로, 브리지는 외부 링 브리지 큐와 내부 링 브리지 큐로 나누었으며, 서비스 방식은 완전 전송 서비스 방식으로 모델링하였다.

본 해석 결과에서 전체 프레임 전송 지연시간에 상대적으로 큰영향을 미치는 요소는, 프레임의 평균 도착율이 커질 때와 수신스테이션이 다른 외부링인 전송 프레임의 비율이 증가할 때이며, 이 경우 중추링에서 큰 트래픽 증가를 유발하므로 전체 지연시간이 지수적 증가를 나타내었다. 시뮬레이션에 의한 전체 지연시간이 지수적 증가를 나타내었다.

시뮬레이션에 의한 전체 지연시간의 변화는 해석 결과와 차이를 나타내고 있으나, 프레임 도착율의 증가와 외부 스테이션 수의 증가에 따른 전체 지연시간의 변화추세는 해석방법 일때와 유사한 결과를 나타내었다.

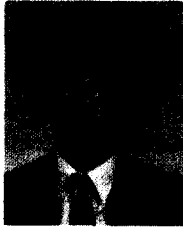
그러나, 본 상호 연결 토크링의 해석 모델은 각 스테이션 큐에서 모두 동일한 평균 프레임 도착율을 가정하였으며, 도착 프레임중 중추링을 지나 다른 외부 링으로 전송될 프레임의 확률을 모든 스테이션에서 동일하게 가정하여 해석하였으므로, 더욱 일반화된 해석 모델의 연구가 필요하다고 사료된다.

참 고 문 헌

1. A. Papoulis, "Probability, random variables, and stochastic processes," McGraw-Hill, N.Y., pp.371-379, 1984.
2. S.M. Ross, "Stochastic processes," Wiley, N.Y., pp.31-50.
3. L. Kleinrock, "Queueing systems, vol.1," Wiley, N.Y., pp.167-230, 1975.
4. A. Leon-Garcia, "Probability and random processes for electrical engineering," Addison-We

- sley, N.Y., pp.510-526, 1889.
5. M. Eisenberg, "Two queues with alternating service," *Appl. Math.*, vol.36, pp.287-303, 1987.
 6. R.B. Coop and G. Murray, "Queues served in cyclic order," *Bell Syst. Tech. J.*, vol. 48, pp. 675-689, 1969.
 7. R.B. Cooper, "Queues served in cyclic order : Waiting times," *Bell Syst. Tech. J.*, vol.49, 399-413, 1970.
 8. M. Eisenberg, "Queues with periodic service and changeover time," *Oper. Res.*, vol.20, pp. 440-451, 1972.
 9. N.C. Strole, "A local communications network based on inter-connected token-access rings : a tutorial," *IBM J. Res.Develop.*, vol.27, pp. 481-496, 1983.
 10. W. Bux and D. Grillo, "Flow control in local-area networks of interconnected token rings," *IEEE Trans. Commun.*, vol.33, pp.1058-1066, 1985.
 11. W.Bux, "Token-ring local-area networks and their performance," *Proc. IEEE*, vol. 77, pp. 238-256, 1989.
 12. W.Bux and H.L. Truong, "Mean-delay approximation for cyclic service queueing systems," *Performance Evaluation*, vol.3, pp. 187-196, 1983.
 13. I. Rubin and L.F.M. DeMoraes, "Message delay analysis for polling and token multiple-access schemes for local communication networks," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol.SAC-1, pp.935-947, 1983.
 14. P. J. Kuehn, "Multi-queue systems with nonexhaustive cyclic service," *Bell Syst. Techn. J.*, vol. 58, pp.671-698, 1979.
 15. O.J. Boxma and B. Meister, "Waiting-time approximations for cyclic-service systems with switch-over times," *Proc. Performance '86 and ACM SIGMETRICS 1986*, *ACM Perfor. Eval. Rev.*, vol.14, pp.254-262, 1986.
 16. K. Kurosawa and S. Tsujii, "Analysis of asymmetric polling systems with limiting service," in *Proc. Nat. Telecom. Conf.* 1981, G.4.2.1-G.4.2.5, 1981.
 17. H. Tagagi, "Mean message waiting times in symmetric multiqueue systems with cyclic service," in *Proc. IEEE Int. Conf. on Commun.*, pp.1154-1157, 1987.
 18. M. Schwartz, "Telecommunication networks : protocol, modeling and analysis," Addison-Wesley, pp.56-65, 1987.
 19. K.C. Sevcik and M.J. Jonson, "Cycle time properties of the FDDI token ring protocol," *IEEE Trans. Software Eng.*, vol. SE-13, pp. 376-385, 1987.
 20. D. Bertsekas and R. Gallager, "Data network," Prentice Hall, N.Y., pp.114-122, 1987.
 21. J.P. Spoerer and R.E. Collins, "IBM PC applications for the industrial engineer and manager," Printice-Hall, New Jersey, pp.575-608, 1986.
 22. F. Halsall, "Data communications, computer and OSI," Addison-Wesley, N.Y., pp.51-53, 1988.

본 연구는 체신부 한국통신 학술연구 조성비에 의하여 연구되었음.



李相勳(Sang Hun Lee) 正會員
1958年 8月 2日生
1983年：光云大學校 應用電子 工學科(工學士)
1987年：光云大學校 大學院 電子工學科(工學碩士)
1992年：光云大學校 大學院 電子工學科(工學博士)

1990年～現在：光云大學校 電子計算教育院 專任講師

金敬植(Kyung Sik Kim) 正會員
1950年 2月 22日生
1973年：慶北大學校 電子工學科 卒業(工學士)
1975年：慶北大學校 大學院 卒業(工學碩士)
1985年～1990年：光云大學校 大學院 電子工學科(工學博士)

1980年～현재：濟州大學校 電子工學科 副教授



康俊吉(June Gill Kang) 正會員
1945년 2月 15日生
1972년 3月～1976년 3月：光云大學 電子工學科 專任講師
1973年 6月～1979年 3月：韓國科學技術研究所 應用光學室 委燭研究員
1979年 9月～1984年 2月：光云大學校 電子工學科 副教授

1980年 9月～1981年 2月：미국 MIT 電子工學科 客員研究員

1982年 9月～현재：國際技能올림픽위원 審査委員長

1984年 3月～현재：光云大學校 電子工學科 教授

1985年 9月～현재：光云大學校 電子技術研究所 所長

1992年～현재：光云大學校 工科大学 學長