

패킷에 우선도가 있는 토큰링 LAN에서의 평균대기시간의 근사해석

正會員 金 榮 東* 正會員 李 在 昊*

Approximated Analysis of Mean Waiting Time in Packet Based Priority Token Ring LAN

Young Dong KIM*, Jae Ho LEE* *Regular Members*

要 約 Bux의 우선도가 없는 토큰링 LAN의 해석 결과와 Cobham의 HOL 우선도의 해석 결과를 사용해서 패킷에 우선도가 있는 토큰링 LAN의 각 노드에서의 각 우선도에 대한 평균대기시간을 근사적으로 해석하였다.

IEEE 802.5에 제시된 토큰링 LAN에서의 우선도 예약전송방법은 사용하지 않았다.

본 논문에서 해석한 수학적 결과와 시뮬레이션 결과를 비교하여 $\pm 5\%$ 정도의 상대오차율을 확인하였다.

트래픽의 세기, 노드수, 패킷길이, 전송속도, 회선길이, 토큰검색시간, 우선도 등급수, 트래픽 집중율의 변화에 따른 각 우선도의 지연을 분석하였다.

ABSTRACT Mean waiting time for each priority packet of each node in packet based priority token ring local area networks(LAN) was approximately analyzed using Bux's token ring LAN results which have not considered priority and Cobham's head of line(HOL) priority results.

In this paper, priority reservation method suggested in the IEEE 802.5 standard was not used.

Relative error between numerical results which was presented in this paper and simulation results was identified by $\pm 5\%$.

For traffic intensity, number of node, packet length, transmission speed, line length, token latency, number of priority class and traffic percentage to some heavy traffic node, mean waiting time of each priority was analyzed.

I. 서 론

정보 통신망은 장거리 통신망(Wide Area Network: WAN)과 근거리 통신망(Local Area

Network: LAN)으로 분류될 수 있다.

LAN의 채널 액세스 방법에는 경쟁할당방법과 요구할당방법이 있다.⁽¹⁾ 요구할당방법은 토큰버스 방법, 토큰링방법, 슬롯링방법, 레지스터 삽입방법 등으로 분류된다.⁽²⁾

토큰링방식은 망의 트래픽이 많은 경우에 그 성능이 기타의 방식에 비해서 유리하다.⁽²⁾

IEEE 802.5에 토큰링 프로토콜의 표준안이

*光云大學校 電子通信工學科
Dept. of Elec. Eng., Kwang Woon Univ.
論文番號 : 89-44(接受1989. 3. 10)

제정되어있다.⁽³⁾ IEEE 802.5에 의하면 각 노드에 입력되는 패킷은 서로 다른 등급의 우선도(priority)를 가질수 있고, 토큰이 확보되어지면 높은 우선도의 패킷은 낮은 우선도에 비해서 우선적으로 전송될 수 있다.

본 논문에서는 이와 같은 방식으로 동작하는 토큰링 LAN에서의 각 노드 및 각 우선도 별 패킷의 평균대기시간을 근사적으로 해석하였다.

IEEE 802.5에서는 busy토큰에 대해 토큰 사용예약을 신청하고, 예약이 허락되어야만 높은 우선도의 패킷이 전송되어 질수 있다. 이와 같은 방식은 토큰예약신청, 토큰예약허락, 토큰원상대회복 등 일련의 토큰전달과정으로 인한 전송효율의 감소를 초래할 수 있다.

그러므로 본 논문에서는 토큰예약방식이 아니라 토큰을 확보한 노드에서 대기중인 패킷중에서 우선도가 높은 패킷이 우선도가 낮은 패킷보다 앞서 전송되는 방식을 택하고 이 방식에 있어서 각 노드 및 각 우선도 별 패킷의 평균대기시간을 해석하였다.

토큰링 LAN의 평균대기시간 해석은 근사해석 방법과 완전해를 구하는 방법으로 분류될 수 있다. 그러나 완전해는 컴퓨터를 사용해서 해석하더라도 계산량이 많아지는 단점을 가지고 있다. 반면에 근사해석 방법은 완전해와 비교할때 계산량이 적으며 특히 수작업도 가능한 장점을 가지고 있다. 그러나 근사해의 완전해에 대한 오차는 약 수 % 정도이므로 근사해법이 바람직하다.

우선도를 고려하지 않는 토큰링 LAN의 평균대기시간에 대해 Bux⁽⁴⁾, Everitte,⁽⁵⁾ Pang⁽⁶⁾, Kimura⁽⁷⁾, Servi⁽⁸⁾ 등이 근사 해석을 시도하였다. D.R. Manfield⁽⁹⁾는 ARQ 프로토콜을 고려해서 ACK 패킷에 높은 우선도를, 메시지 패킷에 낮은 우선도를 부여한 토큰버스방식 LAN에서의 평균대기시간을 해석하였다. Manfield해법은 우선도 등급이 두가지이며, 토큰버스방식에 대한 해석이므로 임의의 우선도 등급을 가지는 토큰링방식에 적용되어질수는 없다.

본 논문에서는 전전송방식(exhaustive service)을 가정하고, Bux⁽⁴⁾의 우선도가 없는 토큰링 LAN

의 근사해법과 Cobham⁽¹⁰⁾의 HOL(Head of Line) 우선도 방식을 도입하여 패킷에 우선도가 있는 토큰링 LAN에서의 평균대기시간을 해석하였다.

해석 결과를 SIMSCRIPT II.5를 사용한 컴퓨터 시뮬레이션으로 검증하였으며, 여러가지 망 환경에 대해 본문에 제시한 우선도 방법의 적용 가능성을 검토하였다.

II. 모델링

1. 패킷 전송 방법

토큰링 LAN에서의 패킷 전송 방식에는 제한전송방식(non-exhaustive service), 게이트전송방식(gated service), 전전송방식(exhaustive service) 등 세가지 방식이 있다.

제한전송방식은 1회 토큰 획득시 전송할 수 있는 최대 패킷의 수가 지정되어 있어서 그 이상의 패킷이 노드에 대기중이라 할지라도 토큰을 다음 노드로 이동시켜야 하는 방식이다.

게이트전송방식은 free토큰을 획득한 노드가 토큰 획득시까지 도착되어 전송대기중인 패킷들만을 전송한 뒤 토큰획득을 해제하여 다른 노드가 전송을 시도 할수 있도록 하는 방식이다. 이 방식을 사용하면 토큰획득후에 도착하는 패킷은 다음 토큰 획득시까지 대기하여야 한다.

전전송방식은 free토큰을 획득한 노드가 토큰획득전에 전송대기중인 패킷과, 토큰획득후에 도착하여 전송대기하는 패킷을 모두 전송한 다음 토큰 획득을 해제하여 다음 노드가 전송을 시도할 수 있도록 하는 방식이다.

본 논문에서는 전전송방식을 사용하였다.

2. 우선도(priority)

우선도방식에는 높은 우선도 패킷의 전송시작시점에 따라서 선제우선도(preemptive priority) 방식과 비 선제 우선도(non-preemptive priority) 방식이 있다.

토큰링 LAN에서는 전송을 시작한 패킷은 전송을 중단할 수 없으므로 비선제 우선도 방식이 적절하며, 본 논문에서도 비선제 우선도 방식을

사용하였다.

패킷에 우선도를 부여하는 방법에는 정적(static) 방법과 동적(dynamic)방법이 있는데 본 논문에서는 정적 우선도 방식인 Cobham의 HOL 우선도를 사용하였다.

어떤 노드에 도착한 패킷은 그 등급에 따라 우선도를 부여받으며, 노드가 토큰을 획득하게 되면 그 우선도에 의해서 전송순서가 결정된다. 같은 등급의 우선도 패킷은 FCFS(First Come First Service)방식으로 전송된다.

그러므로 토큰을 획득한 노드는 전송대기중인 패킷을 그 우선도 등급에 따라 모두 전송한 다음 다른 노드가 전송을 시도할 수 있도록 토큰 획득을 해제한다.

3. 노드 모델과 망 모델

N개의 노드로 구성되며 공용 채널을 사용해서 패킷을 전송하는 토큰링 LAN은 N개의 큐가 한개의 서버를 공유해서 순서에 따라 서비스를 받는 다중큐단일서버(multi-queue single server) 모델로 간주될 수 있다.

일반적으로 이와같은 토큰링 LAN을 해석할 때는 그림1과 같은 다중큐단일서버모델에 토큰전달시간(token passing time)을 고려하여 해석한다. 그러므로 그림1과 같은 M/G/1큐 모델과 토큰전달시간을 사용하면 토큰링 LAN의 각 노드에서 패킷의 평균대기시간을 산출할 수 있다.

그림1에서 각 큐는 토큰링 LAN에서의 각 노드와 같고 서버는 채널과 같다.

본 논문에서의 토큰링 LAN은 N개의 노드로 구성된다. 각 노드는 R_j , ($j=1,2,3,\dots,M$)등급의 우선도를 가질수 있다. 그러므로 각 노드에서의 우선도 등급은 P_k , ($k=1,2,3,\dots,R_j$)와 같다. 노드 i 에서의 우선도는 $P_1 > P_2 > P_3 > \dots > P_{R_i}$ 와 같다.

각 노드의 버퍼용량은 무한하며, 각 노드에서 전송될 패킷은 각 우선도 등급별로 독립적인 포아송(Poisson)분포로 발생되며, λ_{ij} , ($i=1,2,3,\dots,N$) ($j=1,2,3,\dots,R_i$)의 평균을 가진다. 즉 λ_{ij} 는 노드 i 에서의 j 우선도 등급의 평균도착율을 의미한다.

동일한 방법으로 H_{ij} , ($i=1,2,3,\dots,N$), ($j=1,2,$

$3,\dots,R_i$)는 노드 i 에서의 j 우선도 등급 패킷의 전송시간을 의미하며, H_{ij} , $H_{ij}^{(2)}$ 는 H_{ij} 의 1차모멘트, 2차모멘트를 의미한다.

H_i , ($i=1,2,3,\dots,N$)는 노드 i 에서 패킷의 전송시간을 의미하며, H_i , $H_i^{(2)}$ 는 H_i 의 1차모멘트, 2차모멘트를 의미한다.

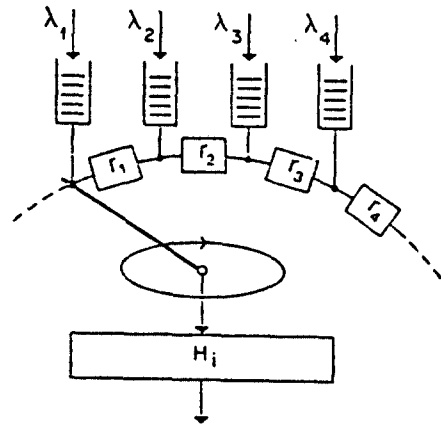


그림 1. 다중큐 단일서버 모델
Multi-queue single server model

그러므로 노드 i 에서 j 우선도 등급의 트래픽의 세기(traffic intensity)는 $\rho_{ij} = \lambda_{ij} \cdot H_{ij}$ 이다. 노드 i 에서의 트래픽의 세기 $\rho_i = \sum_{j=1}^{R_i} \lambda_{ij} \cdot H_{ij}$ 이며 망에서의 총 트래픽의 세기는 $\rho = \sum_{i=1}^N \rho_i$ 이다.

III. 평균대기시간

1. Bux의 근사해석

N개의 노드로 구성되는 토큰링 LAN에서 패킷 전송을 위한 평균대기시간 W_i 는 다음과 같다.⁴⁾

$$W_i = \frac{E[A_i]}{2} + \frac{\text{Var}[A_i]}{2 \cdot E[A_i]} + \frac{\lambda_i \cdot H_i^{(2)}}{2(1-\rho_i)} \quad (1)$$

여기서 A_i 는 i 노드에 대한 토큰방문간격시간(inter-visit time)이고, $E[A_i]$, $\text{Var}[A_i]$ 는 각각 A_i 의 평균과 분산을 의미한다.

A_i 의 평균과 분산은 각각 다음과 같다.

$$E[A_i] = \frac{1-\rho_i}{1-\rho} \cdot R \quad (2)$$

$$\text{Var}[A_i] = \frac{R}{(1-\rho^2)} \sum_{k=1}^N \frac{\lambda_k h_k^{(2)} (1-\rho_i)^2 + \lambda_i h_i^{(2)} \rho_k^2}{1-\rho_i \rho_k + 2\rho_i \rho_k} \quad (3)$$

여기서 $R = \sum_{i=1}^N r_i$ 이고, r_i 는 i 노드에서 $i+1$ 노드로의 토큰전달시간 (token passing time)이다.

그러므로 망에서의 총평균대기시간 W 는 다음과 같다.

$$W = \sum_{i=1}^N \frac{\rho_i}{\rho} \cdot R_i \quad (4)$$

2. HOL(Head of Line)우선도

고립된 i 노드에서의 패킷 우선도등급이 R_i 이고 각각이 P_i 의 우선도를 가지며 그 등급이 $P_1 > P_2 > P_3 > \dots > P_{R_i}$ 이며 패킷의 입력이 평균 λ_{ij} 의 포아송 분포이며, 평균전송시간이 H_{ij} 일때 j 우선도 등급 패킷의 평균대기시간 W_i 는 다음과 같다.

$$W_i^j = \frac{\sum_{k=1}^{R_i} \rho_{i,k} \cdot h_{i,k}}{(1-\sigma_{i,j-1})(1-\sigma_{i,j})} \quad (5)$$

여기서 $\sigma_{i,j} = \sum_{k=1}^j \rho_{i,k}$ 이다.

3. 우선도 토큰링 LAN에서의 패킷 평균대기시간

노드에서 대기중인 패킷에 여러 등급의 우선도를 부여하고, 토큰이 획득되었을때 부여된 우선도에 의해서 전송순서를 결정하여 패킷을 전송하는 우선도 토큰링 LAN에서의 패킷평균대기시간을 산출하기 위해서는 (1)식과 (5)식을 사용하면 된다.

패킷에 우선도가 있는 토큰링 LAN에서의 i 노드, j 우선도 등급패킷의 평균대기시간 W_i^j 는 다음과 같다.

$$W_i^j = E[\text{토큰방문시간}] + E[\text{전송시작후}$$

$$\text{대기시간}] \quad (6)$$

흐름보존법칙 (flow conservation law)에 의해서 토큰방문시간은 우선도의 유무에 무관하게 결정된다. 그러므로(1)식에서의 우항의 첫째, 둘째항의 합이 $E[\text{토큰방문시간}]$ 이다.

$E[\text{전송시작후 대기시간}]$ 은 전송할 패킷의 순서를 결정하는 방법에 따라 달라지므로 우선도가 있는 경우와 우선도가 없는 경우의 결과가 서로 같지않다.

HOL 우선도에 의해서 전송순서가 결정되는 경우에 있어서 $E[\text{전송시작후 대기시간}]$ 은 (5)식과 같다.

그러므로 i 노드, j 우선도 등급 패킷의 평균대기시간 W_i^j 는 다음과 같다.

$$W_i^j = \frac{E[A_i]}{2} + \frac{\text{Var}[A_i]}{2 \cdot E[A_i]} + \frac{\sum_{k=1}^{R_i} \rho_{i,k} \cdot h_{i,k}}{(1-\sigma_{i,j-1})(1-\sigma_{i,j})} \quad (7)$$

i 노드에서의 패킷의 평균대기시간 W_i 는 다음과 같다.

$$W_i = \sum_{j=1}^{R_i} \frac{\rho_{ij}}{\rho_i} \cdot W_i^j \quad (8)$$

망에서의 평균대기시간 W 는 (4)식과 같다.

IV. 시뮬레이션과 해석

1. 시뮬레이션

본 논문에서 제시한 해석법의 타당성을 확인하기 위하여 SIMSCRIPT II.5를 사용해서 구한 시뮬레이션 결과를 해석 결과와 비교하였다.

시뮬레이션은 다음 세 경우에 대해서 실시하였다.

1) 각 노드의 프레임과 각 우선도 등급의 트래픽이 모두 균등한 경우.

[파라메타]

노드수: 5, 전송속도: 1Mbps, 회선: 1Km Cable

패킷길이: 1024 bits, 프레임 overhead: 48 bits
 노드에서 토큰 검색시간: 1 bit, 우선도 등급: 5
 노드트래픽: $\rho_1 = \rho / 5$, 우선도트래픽: $\rho_{ij} = \rho_1 / 5$

2) 각 노드의 트래픽은 불균등하나 각 우선도등급의 트래픽은 균등한 경우.

[파라메타]

노드수: 5, 전송속도: 1Mbps, 회선: 1Km Cable
 패킷길이: 1024 bits, 프레임 overhead: 48 bits
 노드에서 토큰 검색시간: 1 bit, 우선도 등급: 5
 노드트래픽: $\rho_1 = 0.9\rho$, $\rho_2 = \rho_3 = \dots = \rho_5 = 0.1\rho / 4$
 우선도트래픽: $\rho_{11} = \rho_1 / 5$

3) 각 노드의 트래픽과 각 우선도의 트래픽이 모두 불균등한 경우,

[파라메타]

노드수: 5, 전송속도: 1Mbps, 회선: 1Km Cable
 패킷길이: 1024 bits, 프레임 overhead: 48 bits
 노드에서의 토큰 검색시간: 1 bit, 우선도 등급:

5

노드트래픽: $\rho_1 = 0.9\rho$, $\rho_2 = \rho_3 = \dots = \rho_5 = 0.1\rho / 4$
 우선도트래픽: $\rho_{11} = 0.10\rho_1$, $\rho_{12} = 0.15\rho_1$, $\rho_{13} = 0.20\rho_1$,
 $\rho_{14} = 0.25\rho_1$, $\rho_{15} = 0.30\rho_1$

그림 2, 3과 표 1, 2, 3에 위의 망 환경에 대한 시뮬레이션 결과를 보였다. 이하의 그림에서 가로축에 인접한 그래프부터 상위 우선도(P_1)이다.

그림 2, 3과 표 1, 2, 3에서 알수 있듯이 해석값과 시뮬레이션값의 최대 상대 오차율은 5% 이하이다.

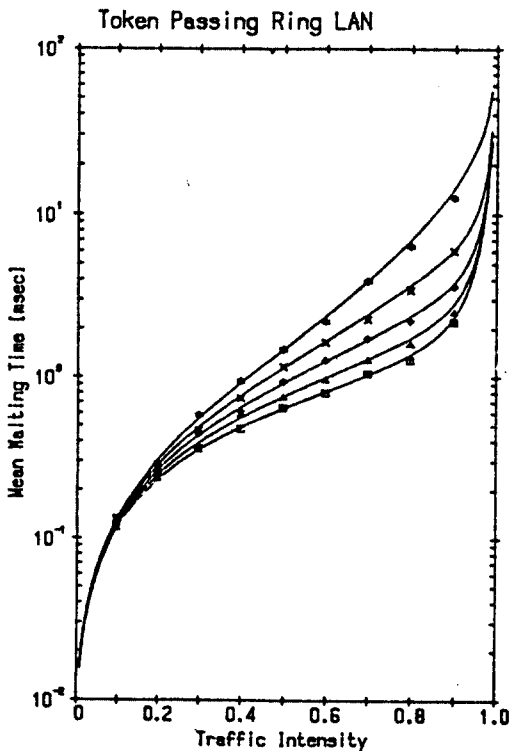


그림 2. 2)의 시뮬레이션 결과(노드1)
 Results for simulation 2) (node 1)

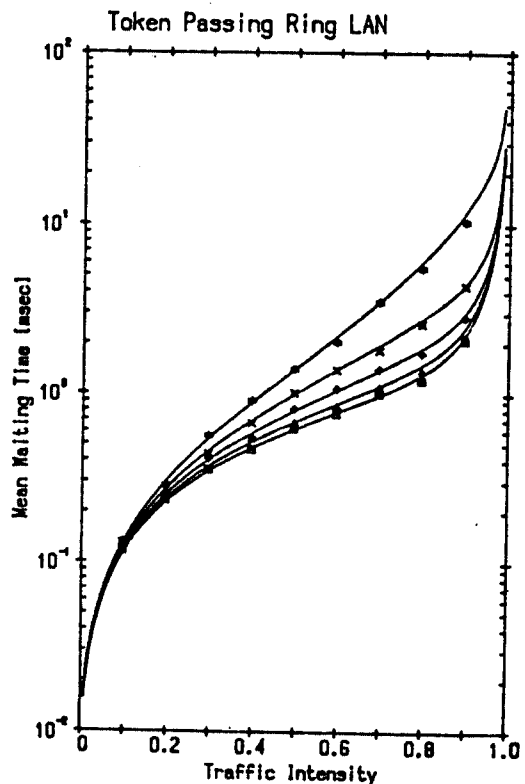


그림 3. 3)의 시뮬레이션 결과(노드1)
 Results for simulation 3) (node 1)

표1. 1)의 시뮬레이션 결과(노드1,2,3,4,5)
Results for simulation 1) (node 1,2,3,4,5)

우 선 도	해석값[msec]	simulation값	상대오차[%]
우 선 도 1	2.393704807	2.397726232	-0.16835
우 선 도 2	2.402864325	2.315361658	3.64149
우 선 도 3	2.412863798	2.417234594	0.16576
우 선 도 4	2.423809167	2.343339437	3.34158
우 선 도 5	2.435823362	2.440548034	-0.19295

Traffic intensity 0.7

표2. 2)의 시뮬레이션 결과(노드2,3,4,5)
Results for simulation 2) (node2,3,4,5)

우 선 도	해석값[msec]	simulation값	상대오차[%]
우 선 도 1	5.929013606	5.729918184	3.35640
우 선 도 2	5.929146316	5.823190608	9.78780
우 선 도 3	5.929280435	5.830182454	1.66980
우 선 도 4	5.929415982	5.701657823	3.86237
우 선 도 5	5.929552977	5.930455216	-0.00084

Traffic intensity 0.7

표3. 3)의 시뮬레이션 결과(노드2,3,4,5)
Results for simulation 3) (node2,3,4,5)

우 선 도	해석값[msec]	simulation값	상대오차[%]
우 선 도 1	5.92898060	5.81020998	2.0071
우 선 도 2	5.92906318	5.688949680	4.0489
우 선 도 3	5.92917997	5.810413084	2.0071
우 선 도 4	5.92933113	5.967857602	-0.6578
우 선 도 5	5.92951866	5.810758731	2.0236

Traffic intensity 0.7

2. 컴퓨터 해석 및 고찰

본 논문에서 제시하고 해석한 우선도 방식

LAN의 서로다른 망 환경에 대한 적용 가능성을 알아보기 위해서 그림 4-11에 여러 해석 결과를 제시하였다.

그림 4-11는 트래픽의 세기, 노드수, 패킷길이, 전송속도, 회선길이, 토큰검색시간, 우선도수, 트래픽집중율을 변화시켜서 구한 결과로서, 주로 트래픽이 집중되는 노드에 대한 결과이다.

트래픽집중율이 낮은 노드에서 우선도간의 지연산출은 무의미하기 때문이다. 이는 표1-3에서 알수 있다.

그림에 사용된 파라메타와 결과를 비교하여 보면 다음의 것을 알수 있다.

1) 각 우선도의 지연은 전송속도에 따라 감소한다.

2) 각 우선도의 지연은 노드수, 패킷길이, 토큰검색시간, 회선길이에 따라 증가한다.

3) 각 우선도간 지연의 차는 노드수, 패킷길이, 전송속도, 회선길이, 토큰검색시간의 변화에 따라 균등하게 변한다.

4) 각 우선도간의 지연의 차는 트래픽의 세기, 노드 및 우선도에 대한 트래픽 집중율과 우선도수의 변화에 따라 불균등하게 변한다.

5) 동일한 파라메타일 경우 우선도 등급수가 증가하면 각 등급간의 지연의 차는 감소하나 최고 우선도와 최저 우선도 간의 지연의 차는 증가한다.

6) 동일한 파라메타일 경우 노드에서의 집중율이 낮아질수록 우선도간의 지연의 차는 감소한다.

위의1)의 결과에서 전송속도가 증가함에 따라 각 우선도의 지연이 일정하게 감소하며 2)의 결과에서 노드수가 증가함에 따라 각 우선도의 지연이 일정하게 증가하는 것은 다음 수식의 R값 계산에서 알수 있다.

$$R = (1 / \text{전송속도}) \times \text{토큰검색시간} \times \text{노드수} + \text{회선길이} \times \text{Km당 회선지연}^{(1)}$$

즉 전송속도가 증가하면 R이 감소하며 노드수가 증가하면 R이 증가하기 때문에 지연은 전송속도에 반비례하고 노드수에 비례한다.

그림 10에서는 가장 작은 우선도 등급수가 3

이므로 상위3개의 우선도에 대한 결과만 보였다.

그림4-11에서 가로축에 인접한 그래프부터 상위 우선도(P_1)이다.

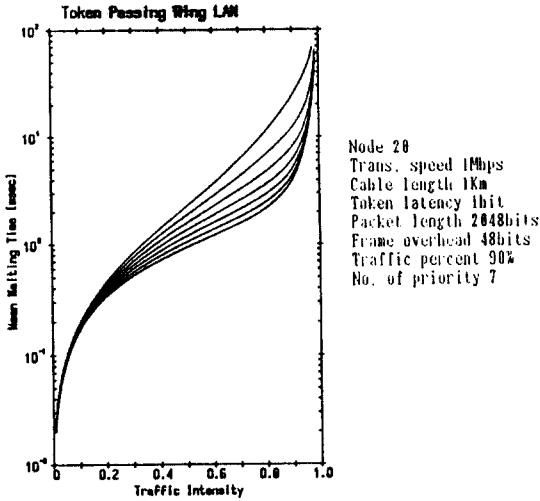


그림 4. 트래픽의 세기에 대한 평균대기시간
 Mean waiting time for traffic intensity

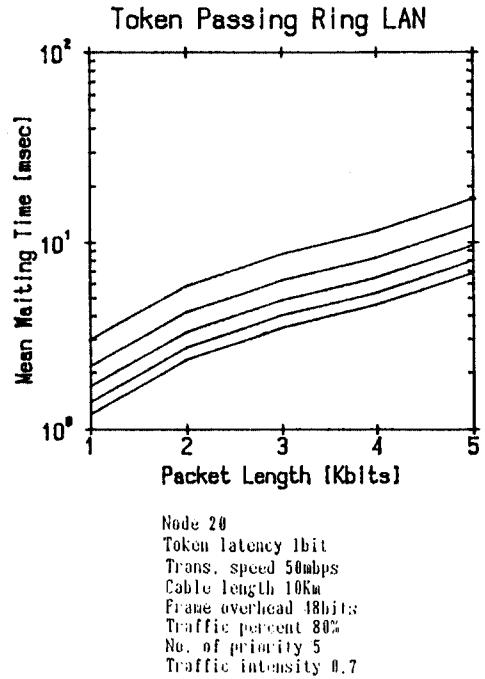


그림 6. 패킷길이에 대한 평균대기시간
 Mean waiting time for packet length

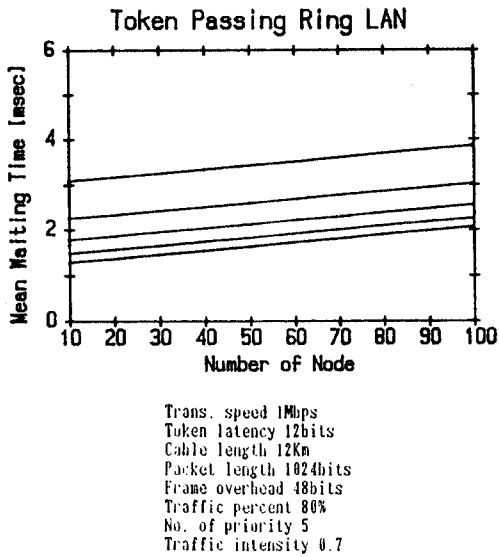


그림 5. 노드수에 대한 평균대기시간
 Mean waiting time for number of node

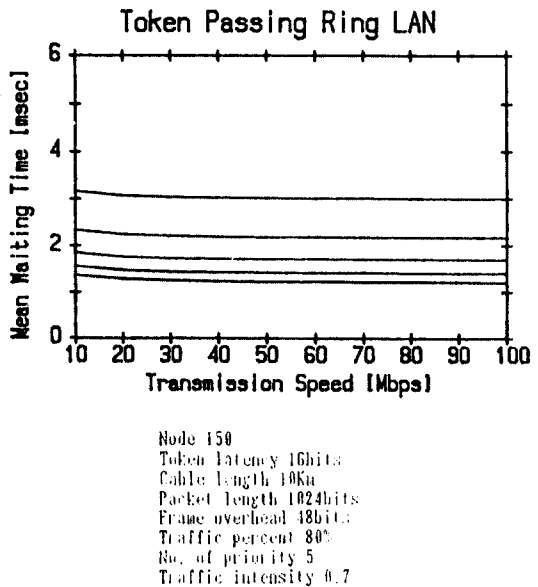
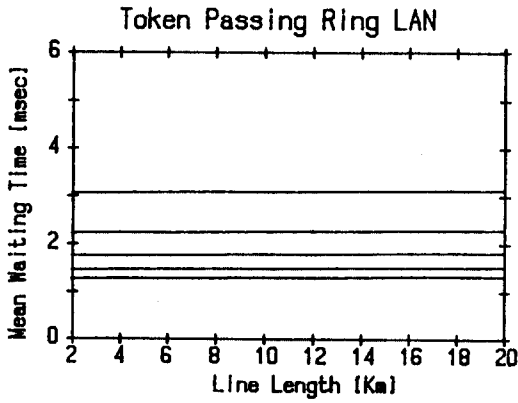
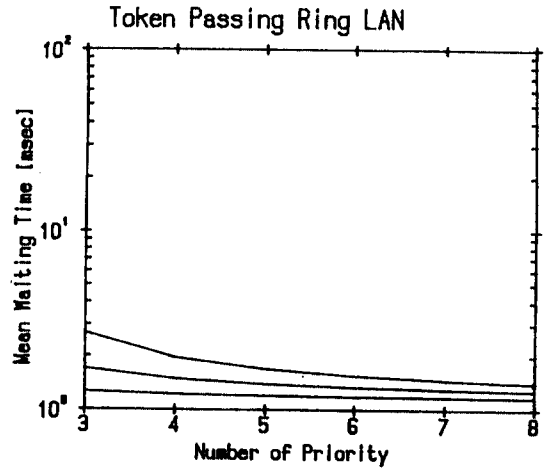


그림 7. 전송속도에 대한 평균대기시간
 Mean waiting time for transmission speed



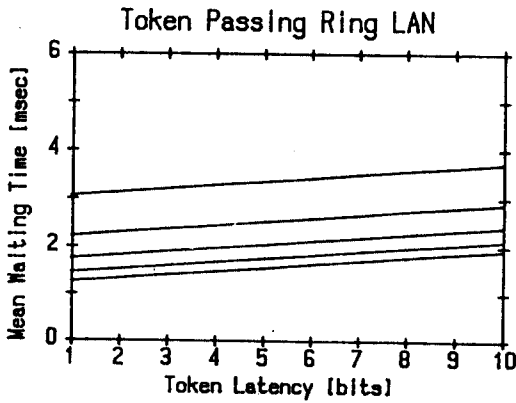
Node 150
 Token latency 1bit
 Trans. speed 1Mbps
 Packet length 1024bits
 Frame overhead 48bits
 Traffic percent 80%
 No. of priority 5
 Traffic intensity 0.7

그림 8. 회선길이에 대한 평균대기시간
 Mean waiting time for line length



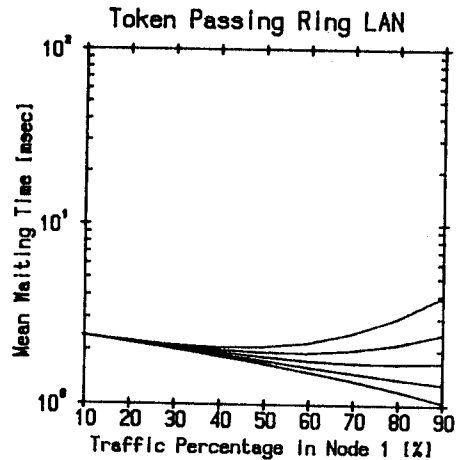
Node 20
 Token latency 1bit
 Trans. speed 50Mbps
 Cable length 10Km
 Packet length 1024bits
 Frame overhead 48bits
 Traffic percent 80%
 Traffic intensity 0.7

그림 10. 우선도수에 대한 평균대기시간
 Mean waiting time for number of priority



Node 100
 Trans. speed 1Mbps
 Cable length 10Km
 Packet length 1024bits
 Frame overhead 48bits
 Traffic percent 80%
 No. of priority 5
 Traffic intensity 0.7

그림 9. 토큰검색시간에 대한 평균대기시간
 Mean waiting time for token latency



Node 20
 Token latency 1bit
 Trans. speed 1Mbps
 Cable length 10Km
 Packet length 1024bits
 Frame overhead 48bits
 Traffic intensity 0.7
 No. of priority 5

그림 11. 노드1에서의 트래픽에 대한 평균대기시간
 Mean waiting time for traffic in node 1

V. 결 론

본 논문에서는 토큰링 LAN에서 새로운 패킷우선도 방식을 제안하고 이에 대한 해석을 시도하였다.

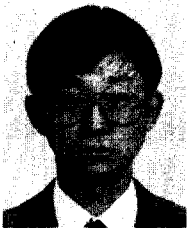
패킷에 HOL우선도를 부여한 경우에 대한 토큰링 LAN에서의 각 노드별 각 우선도 등급별 평균 대기시간의 수학적 해석을 시도하고 이를 컴퓨터 시뮬레이션으로 입증하였다.

여러가지 망 파라메타를 변화시켜 해석한 결과를 통해서 우선도간의 지연의 차가 트래픽의 세기, 트래픽 집중율과 우선도 등급수에 의존함을 알수 있었다. 또한 우선도간의 지연의 차가 노드수, 전송속도, 회선길이, 토큰검색시간, 패킷길이와는 무관함을 알수 있었다.

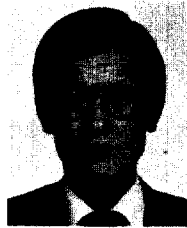
본 논문에서 제시한 우선도 방식은 점차 고속화(100 Mbps)되는 토큰링 LAN에 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. W.Stallings, Handbook of computer communication standards, Macmillan, New-York, 1987.
2. W. Stallings, Local Networks: An introduction, Macmillan, New-York, 1984.
3. IEEE, Token Ring Access Methods and Physical Layer specifications, ANSI / IEEE Standards 802.5, 1985.
4. W.Bux, H.L.Trung, "Mean Delay Approximation for Cyclic Service Queueing System", Performance Evaluation, pp.189-197, No.3, 1983.
5. D.Everitt, "Simple Approximations for Token Ring", IEEE Trans. on Comm., Vol.COM-34, pp.719-721, July, 1986.
6. J.W.Pang, P.W. Donaldson, "Approximated Delay Analysis and Results for Asymmetric Token-Passing and Polling Networks", IEEE J. on SAC, Vol.SAC-4, pp.783-793, Sept., 1986.
7. G.Kimura, Y. Takahashi, "Diffusion Approximation for a Token Ring System with Nonexhaustive System", IEEE J. on SAC, Vol.SAC-4, pp.794-801, Sept., 1986.
8. L.D.Servi, "Average Delay Approximation of M/G/1 Cyclic Service Queues with Bernoulli Schedules", IEEE J. on SAC, Vol.SCA-4, p.813-822, Sept., 1986.
9. D.R.Manfield, "Analysis of a Priority Polling System for Two-Way Traffic", IEEE Trans. on. Comm., Vol.COM-33, pp. 1001-1006, Sept.,1985.
10. Cobham, "Priority Assignment in Waiting Line Problems", Operation Research, 2, pp.70-76, 1964.
11. W.Bux, "Local-Area subnetworks: A Performance Comparison", IEEE Trans. on Comm., Vol.COM-29, Oct., 1981.



金榮東(Young Dong KIM) 正會員
 1960年12月22日生
 1984年2月: 光云大學校 電子通信工學科 (工學士)
 1986年2月: 光云大學校 大學院 電子通信工學科(工學碩士)
 1986年3月~現在: 光云大學校大學院電子通信工學科(博士課程)
 1989年3月~現在: 忠南電算專門大學電子通信工學科 專任講師



李在昊(Jae Ho LEE) 正會員
 1934年5月26日生
 1968年2月: 光云大學校 通信工學科 卒業
 1978年2月: 檀國大學校 大學院 電子工學科(工學碩士)
 1988年8月: 慶熙大學校 大學院 電子工學科(工學博士)
 1970年~現在: 光云大學校 電子通信工學科 教授, 本學會 理事.