

실시간 응용시 Mini MAP의 시뮬레이션에 의한 성능해석에 관한 연구

김 덕우, ^o정 범진, 추 영열, 권 옥현

서울대학교 제어계측 공학과

Performance Analysis of Mini MAP Architecture in Real Time Application
by Simulation Method

Deok Woo Kim Bum Jin Chung Young Yeul Chu Wook Hyun Kwon

Dept. of Control and Instrumentation, Seoul National University

Abstract

In this paper, the performace of Mini MAP architecture is analyzed by simulation method. Token rotation time and waiting time are obtained by simulation. The results of the simulation are compared with these of the analytic model. From these comparisons, it is shown that simulation results are approximately identical to analytic results. Mini MAP architecture has good real time performances in token rotation time and waiting time and can be used to many real time applications

1. 서론

MAP(Manufacturing Automation Protocol)은 공급업체가 서로 다른 자동화 설비들 사이의 통신문제 해결을 위하여 1982년 GM에서 제안된 공장자동화에 관한 LAN의 표준규격이다. MAP은 ISO(International Standard Organization) reference model에 의거하여 제정된 것으로 크게 Full MAP구조와 Mini MAP구조로 나눌 수 있다. 그림 - 1 은 Full MAP과 Mini MAP의 구조 이다.

	Full MAP 구조	Mini MAP 구조
7. Application	ISO CASE kernel	ISO CASE kernel
6. Presentation	Null	Null
5. Session	ISO Session Kernel	Null
4. Transport	ISO Transport class4	Null
3. Network	ISO CLNS	Null
2. Datalink	IEEE 802.2 LLC type1	IEEE 802.2 LLC type3
1. Physical	IEEE 802.4 Token bus	IEEE 802.4 Token bus

그림 - 1 MAP 의 구조

Full MAP구조는 OSI (Open System Interconnection) reference model의 7계층 모듈을 가지는 것으로 MAP 사양서에서 정식으로 제안된 것이다. 그러나 각계층에서의 시간지연으로 인하여 실시간 응용에는 많은 어려움이 있다. Mini MAP구조는 OSI reference model의 3 계층만을 갖는 구조로서 ISA의 PROWAY규격과 하위 2계층의 규격이 동일하다. Mini MAP구조는 상위계층에서의 시간지연이 대폭 줄어들어 실시간 응용이 가능하고, 비용이 적게 들어 node의 수가 작은 실시간 시스템에의 적용이 크게 확대될 것으로 보인다[2]. MAP의 성능을 해석하기 위해서는 MAP의 각 계층에 대한 해석이 요구된다. 때문에 기존의 Token Passing Bus에 관한 연구 결과들을 [3,4,5,6,7,8,9,10] MAP의 성능 해석에 적용해서는 만족할 만한 연구 결과를 얻을 수가 없다. 본 논문에서는 데이터 링크계층에서의 오버 헤드와 IEEE 802.4 token passing bus에서의 여러 가지 오버

헤드를 고려하여 컴퓨터 시뮬레이션으로 성능을 해석하여 볼 것이다. 그리고 여기서 얻어진 결과를 앞서 얻어진 [13]에서의 해석적인 결과와 비교하여 볼 것이다.

2. 모델링

시뮬레이션 모델링과정은 [13]에서의 모델링 과정과 큰 차이가 없다. 하위 2 계층만을 고려하였으며 어플리케이션 계층의 경우는 소프트웨어적인 시간 지연으로 해석하였다. 데이터 링크 계층의 모델링은 소프트웨어적인 처리 시간이 무시되었고 프로토콜 헤더와 acknowledgement frame의 전송 기능만을 모델링하였다[12]. 데이터 링크 계층의 서비스는 IEEE LLC type 3 서비스로서 acknowledged datagram 서비스 방식이다. 이 방식은 패킷을 수신한 스테이션이 응답 프레임을 전송함으로써 Full MAP의 트랜스포트 레이어(transport layer)의 역할을 어느정도 대신하게 되어 있다. 물리적 계층의 모델링은 IEEE 802.4 token passing bus에서의 정상 상태만을 고려하여 모델링되었다. 데이터 서비스 방식은 토큰을 가지고 있는 스테이션이 한번에 하나의 패킷만을 보내는 Non exhausted 서비스 방식과 토큰을 받았을 때 현재 큐에 존재하는 모든 패킷을 전송하는 Exhausted 서비스 방식으로 구분된다. 해석적 모델에서와는 달리 이 두가지 서비스 방식에 대한 구분은 Token Hold Timer의 값에 의한다. Token Hold Timer의 값이 큰 경우에는 Non exhausted 서비스 방식이 되고 Token Hold Timer의 값이 적은 경우에는 Exhausted 서비스 방식이 된다. 따라서 이 두가지 데이터 서비스 방식은 시뮬레이션시 Token Hold Timer의 값에 의하여 결정된다. 그림 - 2는 IEEE 802.4 Token Bus의 상태 다이어그램이다. 그림에서 볼 수 있듯이 Token Bus의 상태는 모두 11개의 상태로 나타내어지는 데 이는 에러의 검출 및 복구 기능까지를 포함한 것이다. 따라서 정상 상태에서는 다음과 같은 가정을 함으로써 처음 상태 다이어그램을 그림 -3과 같이 간략화 시킬 수 있다.

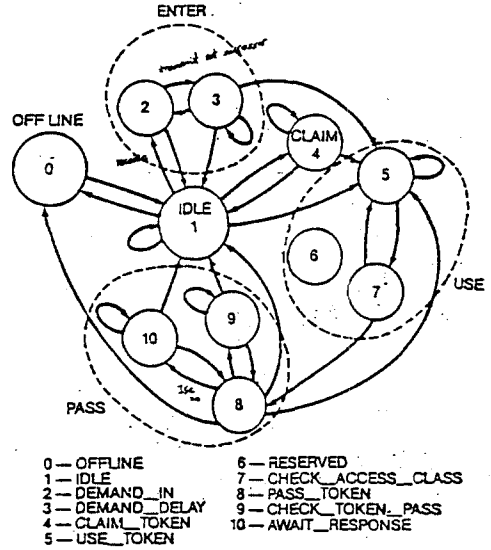


그림 - 2 토큰 패싱버스의 유한 상태 다이어그램

- 가정 :
- 전송 매체의 에러 발생율은 매우 낮아서 에러의 발생을 무시할 수 있다. 따라서 에러 처리에 관계하는 상태를 제거할 수 있다.
 - 논리적 링(logical ring)에 가입하거나 탈퇴하는 경우가 적어서 이의 처리에 따른 오버 헤드를 무시할 수 있다.
 - 모든 프레임이 동일한 우선 순위를 갖는다.

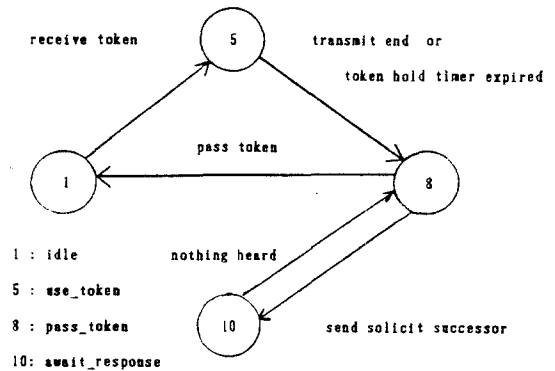


그림 - 3 간략화된 상태 다이어그램

이 이외에 네트워크의 시뮬레이션을 위해서는 전송 경로에 대한 모델링이 필요하다. 이 때 전송 경로는 패킷의 전달에 약간의 시간 지연을 주게 된다. 전송 경로의 상태는 스테이션과 스테이션 사이의 거리, 스테이션의 처리 시간, 케이블의 전달 지연 시간 등에 의하여 결정되며, 이 값들은 실제로 사용되는 하드웨어와 논리적 링의 구조에 따라서 변하게 된다. 본 논문에서는 전송 경로에서 걸리는 시간을 전파 지연 시간으로 정의하여 사용하였으며, [14], [15]의 연구를 참고하여 10 usec로 정하였다. 사용된 파라메타는 스테이션의 수, 패킷의 길이, 패킷의 도착 간격, 스테이션 지연 시간, 최대 토큰 사용 시간 (maximum token hold time), ISSC (Inter_solicit_successor_counter) 등이다. Non exhausted 서비스 방식의 경우에는 Token Hold Time의 값을 1 usec 정도로 하여 시뮬레이션을 수행하였으며, Exhausted 서비스의 경우에는 4000 usec 정도로 하여 시뮬레이션을 수행하였다. 특별하게 정의되지 않은 값들은 [1], [11]를 따랐으며 이들을 정리하면 다음과 같다.

- THOLD : maximum token hold time
- ISSC : inter_solicit_successor_counter
- DELS (Ds): station delay
- NSTAT : total no. of stations
- LAMDA (L): average arrival rate
- MEAN (M) : mean packet length
- DELP (Dp): propagation delay time (10 us)
- Channel speed (C) : 5 Mb/sec

네트워크 사용자는 네트워크의 사용 목적에 따라 다르게 모델링 되어지는 데 [13]에서 언급된 실시간 네트워크의 특징을 고려하여 모델링하였다. 그러나 [13]에서와 같이 사용자를 A,B 두 형태로 나누지는 않았으며 모든 사용자가 동일하다고 가정하였다. 다음은 네트워크 사용자에 대한 가정과 [13]에서 언급된 실시간 네트워크에서 나타난 특징이다.

- 가정 : - 네트워크 사용자는 평균 L (packets/sec) 의 poisson 분포를 가지며 도착하고 크기는 평균 M (packets) 으로 고정된다.
- 발생하는 패킷의 크기가 대부분 일정하며 그 크기 또한 작은 것이 대부분이다.
- 패킷 발생간격이 일정한 경우가 대부분이다.
- 제어나 감시 목적에 쓰이는 경우에 패킷의 목적지가 몇개의 스테이션에 집중되는 경우가 많다.

모델은 FORTRAN으로 프로그램되었으며 크게 3 부분으로 나뉜다. 그림 - 4, 그림 - 5, 그림 - 6은 각 부분의 흐름도이다. 시뮬레이션의 시간 단위는 1 usec이고 패킷 발생 서브루틴은 1 usec단위로 실행된다. 스테이션에서 다음 스테이션으로의 토큰 패싱은 큐에 서비스해야 할 패킷이 없거나 큐에 패킷이 존재하더라도 Token Hold Timer가 종료되는 경우에 이루어 진다. 시뮬레이션에 사용된 컴퓨터는 PDP 11/44, VAX 750이며 난수열은 이들 컴퓨터에서 제공하는 내부함수를 사용하였다.

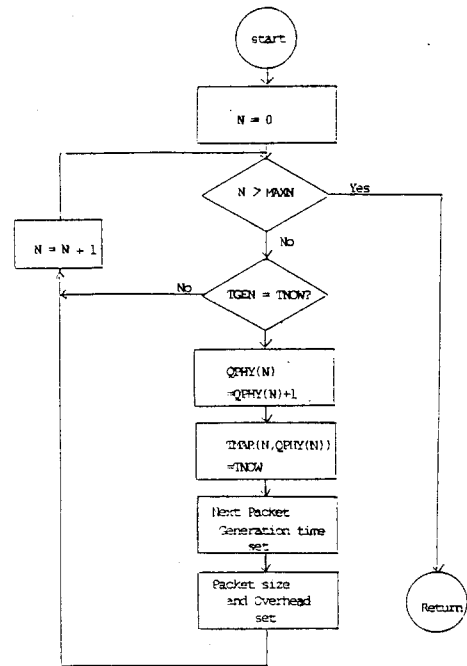


그림 - 4 패킷 발생 서브루틴 (PGEN)

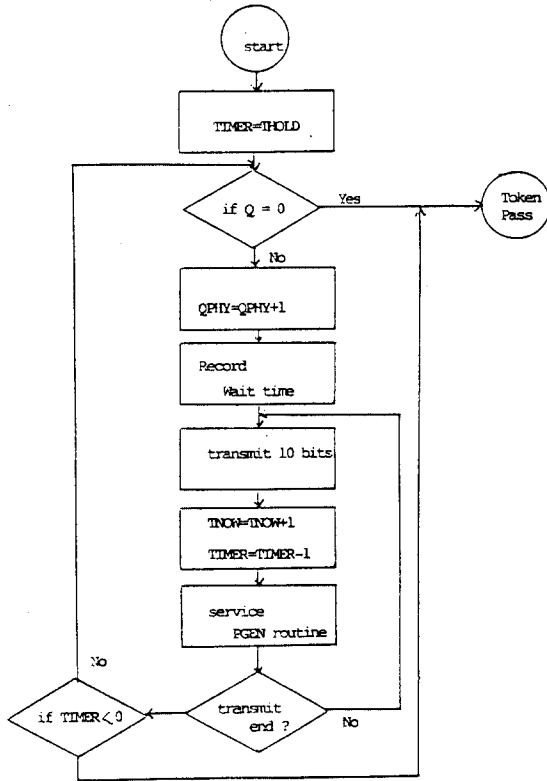


그림 - 5 스테이션 서비스 루틴

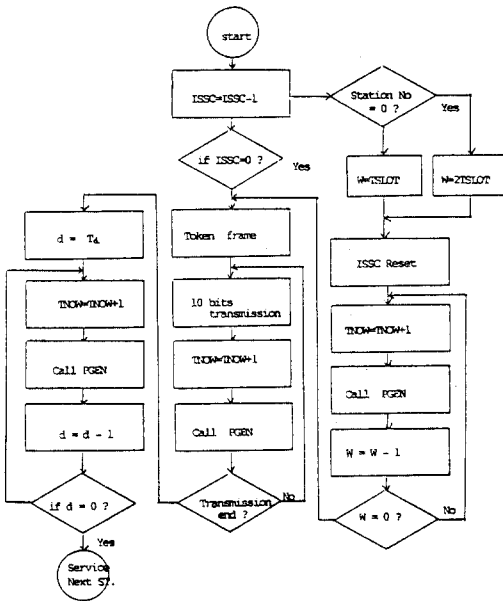


그림 - 6 토큰 패스 루틴 (TPASS)

3. 해석적 결과와

시물레이션 결과의 비교

3.1 Non exhausted 서비스 방식의 경우

네트워크 사용자를 한 형태로 함에 따라 [13]의 토큰 회전 시간과 대기 시간에 관한 식은 다음과 같이 수정되어야 한다. 자세한 유도 과정은 [13]을 참조한다.

$$\begin{aligned}
 Tr &= N * L * Tr * X + N(X_t + D_p) + \frac{T_s}{ISSC} (N + 1) \\
 &= N * L * Tr * X + T_o \\
 &= \frac{T_o}{1 - N * L * X}
 \end{aligned}$$

$$W = 0.5 * Tr + L * Tr * X$$

Tr : Token rotation time

W : Wait time

X : Packet service time

$$T_s = 2(D_s + D_p) + \text{Safy margin(slot time)}$$

그림 - 7,8,9,10은 Non exhausted 서비스 방식에 대한 시물레이션 결과와 해석적 결과를 비교한 것이다. 대체적으로 두 결과가 서로 일치하고 있음을 알 수 있다. 그러나, 네트워크의 부하가 큰 경우에는 두 결과가 다소 차이를 보이고 있는데 이는 부하가 클 경우에 주어진 Token Hold Time 동안에 큐(queue)에 있는 모든 패킷이 서비스를 받지 못하는 경우가 발생할 수가 있다. 그러나 해석적 모델의 경우에는 모델의 간략화에 따라 Token을 받는 경우에는 큐에 있는 모든 패킷에 대하여 서비스된다고 가정함에 따라 결과적으로 Token Rotation time 과 Waiting time이 시물레이션 모델에 비해 작게 계산된 것으로 생각된다. 네트워크의 부하가 작은 경우에 두 결과가 거의 일치하는 것으로 보아 시물레이션 모델의 유효성이 검증된 것으로 보인다. 그림 - 11은 사용된 파라메타들이다. 위의 비교로부터 [13]에서 관찰된 바와 같이 $N < 50$, $L < 40$ Packets/sec 정도이면 네트워크 인터페이스 구현에 따른 오버헤드를 고려하더라도 원하는 실시간 응답을 얻을 수 있음을 알

수 있다.

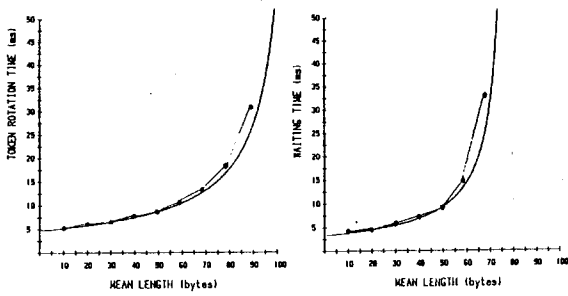


그림 - 7 해석적 결과와 시뮬레이션 결과의 비교

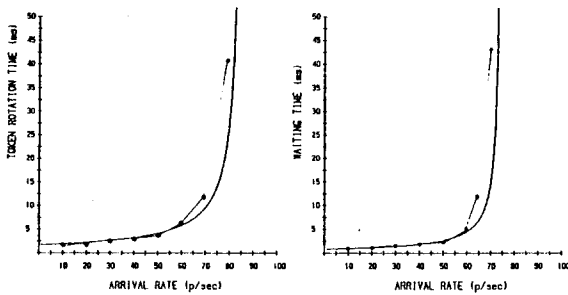


그림 - 8 해석적 결과와 시뮬레이션 결과의 비교

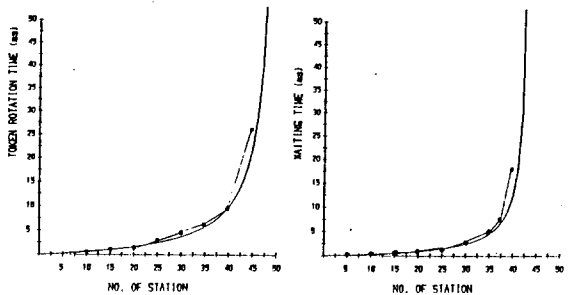


그림 - 9 해석적 결과와 시뮬레이션 결과의 비교

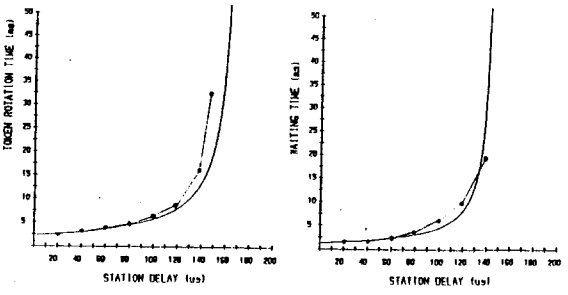


그림 - 10 해석적 결과와 시뮬레이션 결과의 비교

parameter	그림 - 7	그림 - 8
LAMDA	60 p/sec	가변
MEAN	가변	20 bytes
NSTAT	35 stations	35 stations
THOLD	1 us	1 us
ISSC	100	100
DELS	100 us	100 us
DELP	10 us	10 us

parameter	그림 - 9	그림 - 10
LAMDA	60 p/sec	60 p/sec
MEAN	20 bytes	20 bytes
NSTAT	가변	35 stations
THOLD	1 us	1 us
ISSC	100	100
DELS	100 us	가변
DELP	10 us	10 us

그림 - 11

3.2 Exhausted 서비스 방식의 경우

그림 - 12, 13, 14, 15는 Exhausted 서비스 방식의 경우에 대한 시뮬레이션 결과와 해석적 결과를 비교하여 놓은 것이다. Non exhausted 서비스 방식의 경우와 같이 두 결과가 대체적으로 서로 일치하고 있음을 알 수 있다. 그러나, Non exhausted 서비스의 경우와는 달리 시스템 부하가 큰 경우에도 두 결과가 서로 큰 차이를 보이지 않고 있는 데 이는 Exhausted 서비스 방식에서는 한번에 하나의 패킷만을 보내는 것이 해석적 모델의 가정과 일치하기 때문으로 생각된다. 앞의 Non exhausted 서비스 방식의 경우와 마찬가지로 이 경우에도 해석적 결과의 유효성을 입증하는 것으로 생각되며 Exhausted 서비스 방식 또한 Mini MAP 구조의 실시간 응용에 사용될 수 있음을 나타내는 것으로 보인다. 그림 - 16은 사용된 파라메타들이다.

4. 결론

본 논문에서는 실시간 응용시에 Mini MAP구조를 이용한 네트워크의 성능을 컴퓨터를 이용한

시뮬레이션으로 알아 보았다. 시뮬레이션에서 얻어진 결과를 [13]의 해석적 결과와 비교하였으며 두 결과가 대체적으로 일치한다는 사실을 알 수 있었으며 네트워크의 부하가 큰 경우에 대해서는 시뮬레이션 모델이 보다 정확한 것으로 나타났다. 그러나 해석적 모델에서 구한 결과와 마찬가지로 실시간 시스템에 응용된 네트워크와 같이 스테이션의 수가 적은 경우 ($N < 50$)에는 스테이션에서의 소프트웨어적인 시간 지연과 인터페이스 구조에 따른 오버헤드를 고려하더라도 원하는 실시간 응답을 얻을 수가 있었다.

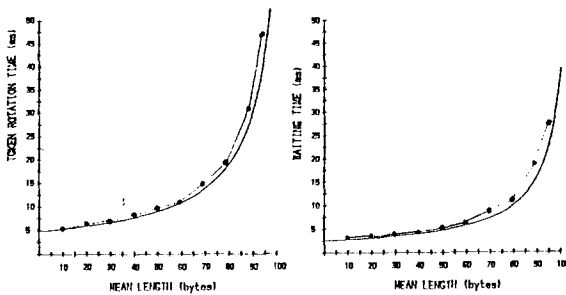


그림 - 12 해석적 결과와 시뮬레이션 결과의 비교

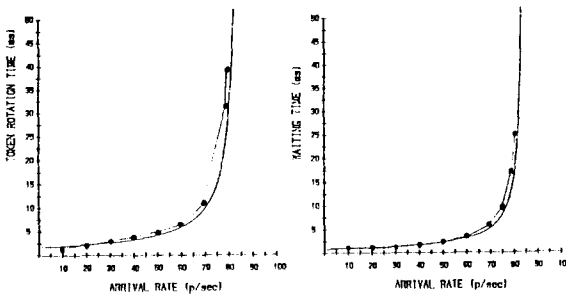


그림 - 13 해석적 결과와 시뮬레이션 결과의 비교

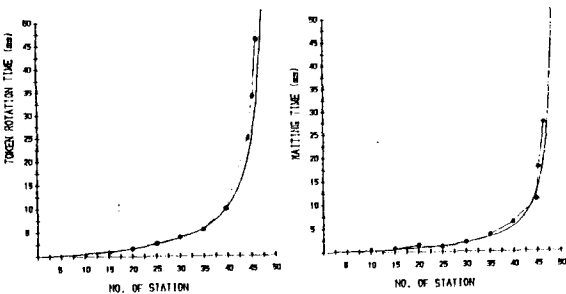


그림 - 14 해석적 결과와 시뮬레이션 결과의 비교

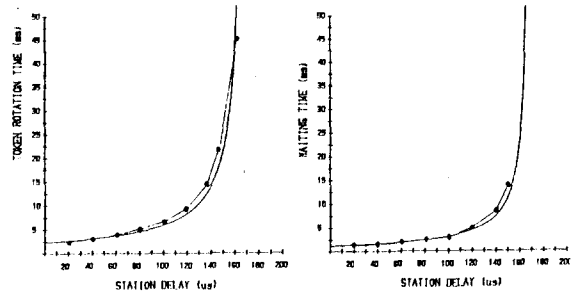


그림 - 15 해석적 결과와 시뮬레이션 결과의 비교

parameter	그림 - 12	그림 - 13
LAMDA	60 p/sec	가변
MEAN	가변	20 bytes
NSTAT	35 stations	35 stations
THOLD	1 us	1 us
ISSC	100	100
DELS	100 us	100 us
DELP	10 us	10 us

parameter	그림 - 14	그림 - 15
LAMDA	60 p/sec	60 p/sec
MEAN	20 bytes	20 bytes
NSTAT	가변	35 stations
THOLD	1 us	1 us
ISSC	100	100
DELS	100 us	가변
DELP	10 us	10 us

그림 - 16

참 고 문 헌

- [1] MAP Task Force, Manufacturing Automation Protocol, version 2.2, General Motors, 1986.1.
- [2] CONTROL ENGINEERING Special edition : Manufacturing Automation Protocol, Oct. 1986.
- [3] Juan R.Pimental, "Performance evaluation of MAP networks". IECON, 1985.
- [4] Werner Bux, "Local-Area Subnetworks : A Performance Comparison", IEEE Tran. on COMMUNICATIONS, vol. COM-29, no.10, Oct. 1981.

- [5] R. Cherukuri, L. Li and L. Louis,
"Evaluation of Token passing schemes in Local
Area Networks", Proceedings. Computer
Networking Symposium, 1983.
- [6] A.S. Sethi and T.Saydam, "Performance Analysis
of Token ring Local Area Networks", 9th
Conference on Local Computer Networks,
Oct. 1984.
- [7] M.E. Ulug, "Calculation of Waiting Times for
a dynamic Token Passing Bus", Proceedings
Computer Networking Symposium, 1984.
- [8] M.E. Ulug, "Comparison of Token Holding Time
Strategies for a Static Token Passing Bus",
Proceedings Computer Networking Symposium,
1984.
- [9] H. Okada, "Comparative Evaluation of Token
Ring and CSMA/CD Medium - Access Control
Protocols in LAN Configurations", Proceedings
Computer Networking Symposium, 1984.
- [10] 이 도영, "토큰 버스 근거리 통신망의 성능분석",
한국과학기술원 석사학위논문, 1985.
- [11] IEEE 802.4 Token Passing Bus Access Method
and Physical Layer Specifications revision E,
1983.
- [12] ANSI/IEEE standard 802.2, 1986.1.
- [13] 김 덕우, 정 법진, 권 옥현, "실시간
응용시 Mini MAP의 성능해석에 관한 연구",
전기 전자 공학 학술회의 논문, 1987.7.3.
- [14] J.Y Chien, "Detailed tests show how well
industrial Local Network Performs",
Data Communications, Aug. 1985.
- [15] N. Dahmen, U. Killat and R. Stecher,
" Performance Analysis of Token Bus
and CSMA/CD Protocols derived from
FORCASD simulation Runs", Proceedings
of the IFIP WG 7.3/TC 6 Second
International Symposium on the
Performance of Computer-Communication