

# IEEE802.4 토큰버스를 위한 퍼지 네트워크 관리기 개발

(The Development of Fuzzy Network Performance Manager for IEEE802.4 Networks)

(\*)이 상 호, 손 준 우

부산대 대학원 생산기계공학과

이 석

부산대 공대 기계기술 연구소

## ABSTRACT

This paper focuses on development and implementation of a performance management algorithm for IEEE802.4 token bus networks to serve large-scale integrated systems. The delivery of time critical messages within delay constraints is an important criterion in the design and management of computer communication networks. In order to achieve this goal, the theory of fuzzy sets has been employed to imitate human's reasoning. The Fuzzy Network Performance Manager(FNPM) is composed of two parts: FNPM1 & FNPM2. FNPM1 is solely intended to satisfy the data latency for the highest priority while the other part is trying to satisfy those for the lower priorities. The FNPM requires average data latency, throughput, and token circulation time for its inputs. The efficacy of the FNPM has been evaluated by a series of simulation experiments.

## 1. 서론

하드웨어 가격의 지속적인 하락은 거의 모든 분야에서 컴퓨터의 사용을 가능하게 만들었으며, 컴퓨터의 속적 증가와 더불어 자동화 시스템의 보급도 크게 증가시켰다. 그러나, 컴퓨터 시스템의 광범위한 사용은 여러 기구들을 독립적으로 운용함으로써, 각각이 자동화의 섬(Island of automation)을 형성하기에 이르렀으며, 컴퓨터 네트워크는 이러한 자동화의 섬들사이를 공통된 전송 매체를 통해 연계시켜주는 역할을 수행한다.

컴퓨터 네트워크는 정보 교환을 원활하고 유기적으로 하기 위해서 필수 불가결한 요소이며, 이러한 컴퓨터 네트워크를 이용한 시스템은 공간상의 설치위치에 그다지 큰 제약이 없으며, 재구성에 있어서도 큰 유연성을 가진다. 뿐만아니라, 이종의 기구들을 유용하게 사용할 수 있어 시스템의 신뢰도를 전체적으로 향상시킬 수 있다[1-4].

하지만, 컴퓨터 네트워크는 통신부하와 통신자원의 가용성이 무시할 수 없는 시변성을 갖는다는 특성에 의해서 네트워크의 성능이 이들의 상태에 큰 영향을 받는다. 더우기, 최근의 대규모 통합시스템 추세에 따른 집속기구의 증가와 다양화로 인해서 더욱 효율적인 네트워크 운영과 유연한 재구성을 요하게 되었다. 이러한 효율적인 네트워크 운영을 위해서 상황에 따른 자동적인 성능관리자의 적응능력이 중요시 되고 있다.

공장 자동화용 표준 통신 프로토콜인 MAP(Manufacturing Automation Protocol)에 쓰이는 IEEE802.4 토큰버스 프로토콜에는 네가지의 순차적인 우선순위 도구(Priority Mechanism)를 가지고 있다[3,5]. 이러한 우선순위 도구는 버스의 액세스(access)에 대한 우선권을 부여하기 위한 것으로 문서 file, CAD file, sensor data등 다양한 종류의 메시지를 각각의 요구조건에 맞추어 전송하기 위한 것이다[6].

우선순위 도구의 네가지 변수는 THH(Token Holding Time)와 TRTi(Token Rotation Time, i=4,2,0)로 구성되며, 이러한 변수들의

값이 전송지연(Data Latency, 큐에서의 메시지 대기시간과 각 메시지의 전송시간의 합)에 근거해서 성능과 밀접한 관계가 있고, 이 관계가 네트워크의 성능관리를 위한 핵심적인 요소가 된다. 즉, 변수들의 값에 따라 네트워크 성능의 주요 요소인 메시지들의 전송지연이 변하고, 따라서 우선순위 도구의 네가지 변수를 적절히 선택함으로써 성능을 향상시킬 수 있다. 그러나, 이러한 변수들은 관리자의 경험을 바탕으로 수동적으로 조절되어야 하기때문에 바람직한 결과를 얻지 못하는 경우가 많았다. 이러한 이유로 자동화된 성능관리기 필요하고 이를 위한 기술개발이 요구된다.

최근에 MAP 네트워크의 성능관리에 관한 구체적인 실현기법으로서 PA(Perturbation Analysis), SO(Stochastic Optimization), LA(Learning Automata)등의 이론을 복합적으로 이용하여 그 유효성을 검증한 경우가 있으나, 구조가 상당히 복잡하고 프로토콜의 일부를 개정해야 할 필요성을 가지고 있다[3-4]. 이에 반해 인간의 관리기능을 모방한 퍼지기법을 도입함으로써 구조의 단순화와 함께 효율적인 네트워크의 성능관리를 실현했다[1-2]. 또한, TCT(Token Circulation Time: 토큰어 논리적 링을 순환하는데 소요되는 시간)을 도입하여 85개의 톨에서 12개의 톨로 발전시켰으며, 성능관리 목적에 더욱 부합하는 결과를 확인하였다[2].

그러나 종래의 FNPM(Fuzzy Network Performance Manager)에서는 THH의 특성상 Priority6의 사용자 평균 요구 전송지연시간을 만족시키기 어려운 경우가 있었다. 따라서, 본 논문에서는 Throughput을 고려함으로써 Priority6의 평균 전송지연시간만을 관리대상으로 하는 스위치형 FNPM을 도입하여 네트워크의 성능관리에 이용하였다.

## 2. 통신망 시뮬레이션 모델

IEEE802.4 토큰버스 프로토콜은 이산 사상 시뮬레이션(Discrete Event Simulation)으로 모델링 되었으며, 시뮬레이션 모델은 Fig.1

과 같이 메시지 발생 서브모델(Message Generation Submodel)과 프로토콜 서브모델(Protocol Submodel)로 나뉘어진다[7-8].

메시지 발생 서브모델(M.G.S.)은 사용자가 정의한 확률분포에 따라 네트워크 트래픽(메시지 발생시간, 메시지 길이)을 발생시키고, 프로토콜 서브모델(P.S.)은 스테이션의 상태에 따라 프로토콜 로직을 실행시킨다. 즉, 메시지 발생 서브모델(M.G.S.)은 각각의 큐(Queue)에 메시지를 채우고, 프로토콜 서브모델(P.S.)은 전송 큐로부터 이들 메시지를 제거한다고 할 수 있다.

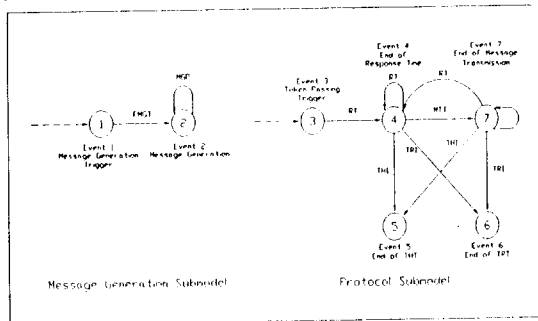


Fig.1 Event Diagram for Message Generation and Protocol Submodel

이 시뮬레이션은 메시지 발생과 각 우선순위 레벨을 위한 메시지 정보길이에 관한 지수적, 상수적 분포를 포함해서 사용자가 정의한 임의의 확률분포를 수용하며, 전송된 메시지 수와 메시지 지연등의 데이터를 통계적으로 나타낸다. 그리고, 어느 큐에도 전송될 메시지가 존재하지 않을 경우에는 쓸모없는 토큰의 순환으로 인한 불필요한 event scheduling을 피하기 위하여, 네트워크가 전체적으로 아이들(idle)로 되자마자 프로토콜 서브모델은 정지된다. 이후 메시지가 발생하면 프로토콜 서브모델은 토큰의 위치와 타이머의 상태가 정지된 순간으로부터 계산되어 활동을 재개한다.

TABLE 1은 IEEE802.4 토큰버스 프로토콜의 우선순위의 성능 관리를 위해서 구축한 통신망 시뮬레이션 모델의 파라메타 조건을 보인다.

	THT	TRT4	TRT2	TRT0
Number of Station	10			
Number of Queue per Station	4			
Queue Capacity of Each Priority	10	10	10	10
Average Message Generation Interval(μsec)	50000	50000	100000	200000
Type of Probability Distribution for Message Length	exponential			
Type of Probability Distribution for Message Generation Interval	exponential			

TABLE 1 Simulation Parameter Condition

### 3. Fuzzy Network Performance Manager(FNPM)

#### 3.1 퍼지기법의 도입 배경

지금까지 발표된 MAP 네트워크의 성능관리에 관한 기술은 주로 관리의 기능과 구조의 정의에만 국한되어 왔으며, 그 구체적인 실현 방법에 대한 연구는 많은 편이 아니며, PA(Perturbation Analysis), SO(Stochastic Optimization), LA(Learning Automata) 등의 이론을 복합하여 그 유효성을 입증하였지만, 그 구조가 상당히 복잡하며, 통신규약을 개정할 필요도 있다.

이 같은 문제점을 극복하고, 보다 효율적인 관리기능을 수행하기 위하여, 인간의 관리기능을 모방한 퍼지기법을 도입하였다. 퍼지 성능 관리기(FNPM)는 네트워크 성능에 영향을 미치는 변수들을 어느 고정된 값으로 두는 것이 아니라 관리자의 개입없이 상황에 따라서 자동적으로 변수가 조절되도록 함으로써 네트워크의 성능을 향상시킬 수 있도록 하였다[1-2].

#### 3.2 FNPM(Fuzzy Network Performance Manager)의 구성

기존에 구성하였던 FNPM은 토큰순환시간(Token Circulation Time, TCT)을 도입하여 85개의 물에서 12개의 물로 대폭 감소시켰으며, 보다 향상된 성능관리를 보고한 바가 있다[2].

그러나, Priority6는 "자신의 타이머를 늘이는 것보다는 하위 우선순위의 타이머를 감소시키는 것이 더욱 효과적일 수 있다."라는 Priority6의 특성에 의해 기존의 FNPM으로서는 성능관리에 한계를 가지고 있었다.

본 논문에서는 Throughput을 고려하여, 퍼지 추론부를 두가지 모듈로 나누었다. 첫번째 모듈(FNPM1)은 최상위 우선순위인 Priority6의 평균 요구 전송지연시간만을 고려한 경우이고, 두번째 모듈(FNPM2)은 각 Priority순으로 사용자의 평균 요구 전송지연시간을 만족시키기 위한 것이다.

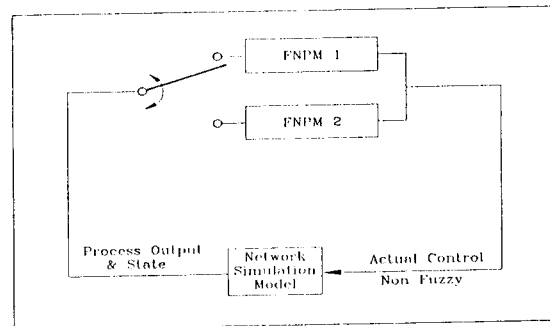


Fig.2 Basic Configuration of FNPM

Fig.2는 네트워크의 상황에 따라 다른 알고리즘을 갖는 스위치형 퍼지 성능 관리기를 보인다. RT는 TRT들의 Traffic에 대한 Throughput의 함으로써 1의 값을 Threshold로 하여 스위치 작동에 영향을 미친다. FNPM1은 Priority6의 평균전송지연이 사용자의 평균 요구 전송지연시간을 만족하지 못하면서 하위 우선순위의

전송이 어느 정도 수행될때 사용되고, FNPM2는 Priority6의 평균 전송지연이 사용자의 평균 요구 전송지연시간을 만족했거나, 하위 우선순위의 전송이 거의 이루어지지 않을때 수행된다. 이와 같은 것을 다음에 보인다.

D6	RT	FNPM
not satisfied	> 1	1
not satisfied	≤ 1	2
satisfied	≤ 1	2
satisfied	> 1	2

### 퍼지화부

네트워크의 성능관리를 위한 입력변수는 다음과 같이 선정하였다.

	입력 변수	변수의 수
FNPM1	D6	1
FNPM2	TCT, std_TCT, D6, D4, D2, D0	6

여기서,

TCT : 토큰이 논리적 링을 순환하는데 걸리는 시간  
(Token Circuration Time)

std\_TCT : TCT의 표준편차

RT : Priority6를 제외한 하위 우선순위들의 Traffic에 대한 Throughput의 합

$$RT = \frac{T_4}{G_4} + \frac{T_2}{G_2} + \frac{T_0}{G_0} = \frac{(transmitted\ bit)_4}{(offered\ bit)_4} + \frac{(transmitted\ bit)_2}{(offered\ bit)_2} + \frac{(transmitted\ bit)_0}{(offered\ bit)_0}$$

D i : Priority i(i=6,4,2,0)의 평균 전송지연 시간

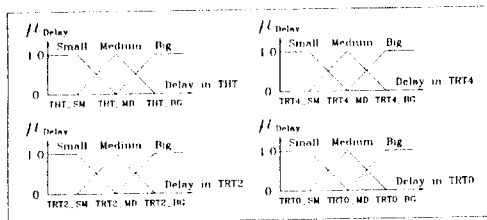


Fig.3 Diagrammatic Representation of Fuzzy Inputs

Fig.3은 사용자가 임의로 선정하 각 우선순위들의 전송 지연에 관한 언어변수 영역을 보인다. 특히, Small에 해당하는 영역은 사용자가 요구하는 전송지연을 나타낸다

### 비퍼지화부

FNPM의 출력변수로는 전송지연 시간과 직접적인 관계가 있는 각 Priority의 타이머 변화량을 선택하였으며 비퍼지화를 거쳐서 실제 토큰버스 통신망 시뮬레이션 모델을 조작시키는 값으로 변환시켜준다. Fig.4에 타이머들의 변화량에 관한 비퍼지화 영역을 보인다.

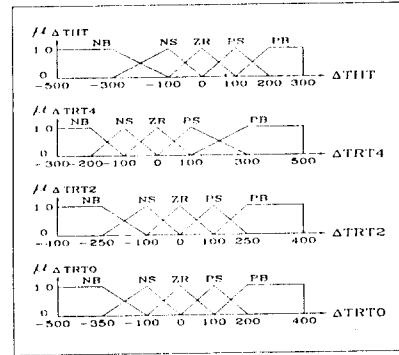


Fig.4 Diagrammatic Representation of Fuzzy Outputs

### 퍼지 추론부

퍼지 입력변수를 지식 베이스부에 있는 룰에 적용하여 퍼지 추론 연산을 이행해서 퍼지 출력변수를 구한다. 퍼지추론을 위한 연산방법은 E.H.Mamdani의 min-max법을 채택하였다[10-13].

### 지식 베이스부

퍼지 논리 제어기에서 제어목적과 제어방침을 언어적 제어물들로 나타내는 부분으로서, 네트워크의 성능관리를 위한 FNPM에서의 제어목적은 사용자가 트래픽에 관계없이 선정한 요구 전송지연과 초기 타이머값을 바탕으로 하여 주어진 상황에서 우선순위 변수의 적절한 변동으로 성능을 향상시킬 수 있도록 하였다. 또한, FNPM의 제어방침으로서는 하위 우선순위들이 다소 희생이 있더라도 최상위 우선순위인 순위6의 지연을 가급적 빠른시간내에 사용자가 신청한 값 이내로 수렴하도록 하였다. 그리고, 순위6의 지연이 수용범위안에 들면, 차 우선순위인 순위4가 하위 우선순위인 순위2와 0에 지나친 지연이 발생하지 않도록 고려하면서, 빠른시간내에 허용지연의 범위에 근접하도록 하였다. 이후 순위2를 같은 방법으로 고려하며, 순위0은 상위 우선순위가 만족할 만한 전송지연을 갖는 상태에서 자신의 지연을 최소로 줄이는 방법을 취한다.

토큰버스 통신망에서 나타난 각 타이머와 전송지연과의 다음의 특징들을 바탕으로 FNPM의 제어 룰을 구성하였다.

- ① 일반적으로 어떤 우선순위의 타이머가 길면 갈수록, 그 우선순위의 전송지연은 짧아지는 편이다.
- ② 우선순위 6의 전송지연을 감소시키기 위해서는 THT를 증가시키는 것보다 TRT들을 감소시키는 것이 더욱 효과적이다.
- ③ 모든 TRT들이 토큰순환시간인 TCT와 비교하여 너무 길면, 큐에서의 대기시간이 우선순위와 무관하게 서로 비슷해 지는 경향이 있다.
- ④ 어떤 TRT가 TCT와 비교하여 충분히 길지 않으면, 그 우선순위의 전송이 제대로 이루어지지 않아, 전송지연의 증가와 함께 정의된 네트워크 트래픽 보다는 Throughput이 훨씬 더 작아진다.
- ⑤ 어떤 우선순위의 전송지연을 감소시키므로써, 다른 우선순위의 전송지연이 증가될 수도 있다.

**퍼지 제어룰**

본 논문에서 개발한 스위치형 FNPM은 토큰버스 네트워크의 보다 향상된 성능관리를 위해 상황에 따라서 최상위 우선순위의 Priority6의 평균 전송지연시간만을 고려하는 FNPM1과 기존의 FNPM2를 적절히 선택하여 수행하도록 되어있다.

다음의 Table2와 3은 각각의 FNPM에서의 제어룰을 나타내고 있다.

	D6	RT	ΔTHT	ΔTRT4	ΔTRT2	ΔTRT0
1	B	≫1	PB	NB	NB	NB
2	M	≫1	PS	NS	NS	NS

Table2 Fuzzy Rules for FNPM 1

Table2는 FNPM1의 제어룰로서, Priority6의 평균 전송지연시간이 사용자의 요구 전송지연시간을 만족하지 못하면서 하위 우선순위의 Throughput의 합인 RT가 큰 경우 THT를 늘리고, 하위 우선순위의 타이머인 TRTi들을 대폭 감소시켜 최상위 우선순위의 평균 전송지연을 격감시키는데 목적이 있다. 만약, FNPM1에서 RT가 1에 접근하여도 Priority6의 평균 전송지연이 사용자의 요구 전송지연시간을 만족하지 못하면, FNPM1은 자신의 활동을 중지하고 네트워크가 소화해 낼 수 있는 수준으로 사용자의 요구 전송지연시간을 높여서, FNPM2를 수행하도록 한다.

또 Priority6의 평균 전송지연시간이 사용자의 요구 전송지연시간을 만족할 경우, 이를 유지하면서 하위 우선순위의 전송지연을 만족시킬 수 있도록 FNPM2의 제어룰을 수행한다.

	TCT	D6	D4	D2	D0	ΔTHT	ΔTRT4	ΔTRT2	ΔTRT0
1	S					ZR	NB	NB	NB
2	L	S				ZR	PB	PB	PB
3	L	M				PB	ZR	ZR	ZR
4	M	B				PB	NB	NB	NB
5	M	M				PS	NS	NS	NS
6	M	S	B			ZR	PB	NS	NS
7	M	S	M			ZR	PS	ZR	ZR
8	M	S	S	B		ZR	ZR	PB	NS
9	M	S	S	M		ZR	ZR	PS	ZR
10	M	S	S	S	B	ZR	ZR	ZR	PB
11	M	S	S	S	M	ZR	ZR	ZR	PS
12	M	S	S	S	S	ZR	ZR	ZR	ZR

Table3 Fuzzy Rules for FNPM 2

Table 3에서는 FNPM2의 12개 룰을 보이는데, 첫번째 룰은 TCT가 매우 짧을때 모든 TRT들을 감소시키기 위한 것이다. 그리고 두번째 룰은 3가지의 하위 우선순위의 전송기회를 증가시키기 위한 것으로, 우선순위 6의 평균 전송지연이 Small이고, TCT가 TRT들과 비교하여 너무길때 TRT들을 증가시키는 것이다. 세번째 룰들은 D6가 여전히 만족스럽지 않을 때 THT만을 증가시키

는 물이다. 나머지 룰들은 TCT가 Medium인 경우로서 대체로 각각의 우선순위에 관한 전송지연을 감소시키기 위해 자신의 타이머를 증가시키거나 하위 우선순위의 타이머를 감소시킨다.

**4. 결과와 토의**

**4.1 실험방법**

시뮬레이션에서 얻어진 각 우선순위들의 평균 전송지연 시간을 FNPM에 입력시켜 제어방침에 따라서 지연을 감소시키는 퍼지룰을 수행해 각 우선순위들의 타이머 변화량이 출력되어 다시 토큰버스 통신망 시뮬레이션 모델의 입력이 된다.

실험은 두가지의 경우로 수행하였는데, Experiment 1은 Traffic이 80%인 경우로서, THT를 만족시키기 위한 FNPM1이 제대로 동작하는 지를 확인하였고, Experiment 2는 사용자가 정의한 각 우선순위의 초기 타이머 값과 요구 전송지연시간을 바탕으로 네트워크에 70%의 Traffic이 적용되어질때 수행된다. 그러나 갑작스럽게 네트워크의 사용량이 늘어나, 80%의 Traffic이 적용되어지는 경우에 대해, 각 Priority의 전송지연이 제어목적과 제어방침에 부합해서 FNPM이 동적으로 작동하여 바라는 결과가 도출되는 지를 조사하였다.

**4.2 실험과 결과**

**Experiment 1**

■ 실험의 초기조건

- ① 트래픽G : 80 %
- ② 사용자가 설정한 변수

		순위6	순위4	순위2	순위0
초기 타이머 (μsec)		700	3500	3500	3500
입력 연이변수 영역 (μsec)	*_SM	3500	6500	10000	20000
	*_MD	4000	7500	11000	21000
	*_BG	4500	8500	12000	22000

단, \*\_SM은 사용자의 요구 전송지연이다.

■ 실험 결과

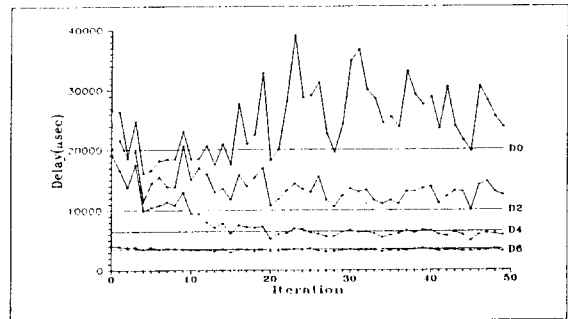


Fig.5 Data Latency from Simulation Experiments(80% Traffic)

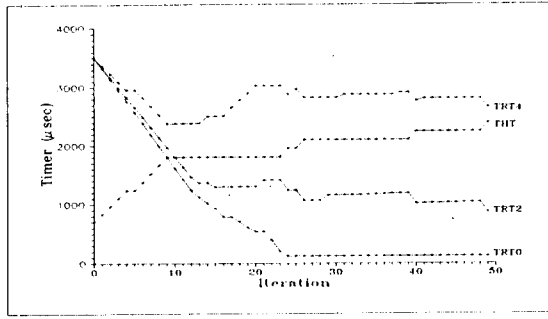


Fig.6 Timer Settings from Simulation Experiments(80% Traffic)

Fig.5는 Priority 6가 FNPM1의 module에 의해 사용자의 요구전송지연을 만족시키고 있음을 보이고, 하위 우선 순위들은 FNPM2의 제어방침과 부합해서, Priority level순으로 사용자의 요구전송지연에 근접하고 있음을 보인다. 즉, 모든 Priority의 평균 전송지연이 사용자의 요구 전송지연시간을 만족하지 못하는 초기의 상태에서 Priority6가 우선적으로 FNPM1에 의해 만족되어진 후, 10번째 Iteration에서 FNPM2가 수행되기 시작한다. 이후, Priority6의 평균 전송지연시간을 고려하면서 차 우선순위인 Priority4의 평균 전송지연시간을 감소시켜 약 20번째 Iteration에서 사용자의 요구 전송지연시간을 만족하고 있음을 보인다. 그러나, Priority2와 Priority0는 네트워크의 capacity가 허용하는 한도 내에서 평균 전송지연 시간을 감소시키는 추세만을 보이지만 요구전송지연은 만족시키지 못하는 것을 관찰할 수 있다.

Fig.6은 이때의 타이머 추이를 보이고 있는데, FNPM1에 의해 10번째 Iteration까지 Priority6의 타이머를 늘이는 반면, 하위 우선 순위의 타이머를 급격히 감소시키고 있다. 이것은 FNPM1의 제어방침이 제대로 동작하고 있음을 보이고, 이후 FNPM2의 제어방침과 부합해서 평균전송지연을 줄이려고 하는 Priority의 타이머를 늘이고 있음을 보인다.

### Experiment II

#### ■ 실험의 초기조건

- ① 트래픽G : 70% ⇔ 80%
- ② 사용자가 선택한 변수

	순위6	순위4	순위2	순위0	
초기 타이머 (μsec)	700	2000	2000	2000	
입력 언어변수	*_SM	3300	6500	10000	18000
	*_MD	3800	7500	11000	19000
영역 (μsec)	*_BG	4300	8500	12000	20000

단, \*\_SM은 요구 전송지연이다.

#### ■ 실험 결과

Fig.7은 70%의 Traffic에서 Priority 4를 제외한 모든 priority들이 요구전송지연을 만족하므로, FNPM2에 의해 Priority4를 요구전송지연에 만족되도록 하였다. 이후 50번째 Iteration에서 Traffic이 80%로 증가했을때, 모든 Priority들의 평균전송지연이 사용자의 요구전송지연을 만족하지 못하고 있다. 이때, 50번째 Iteration에

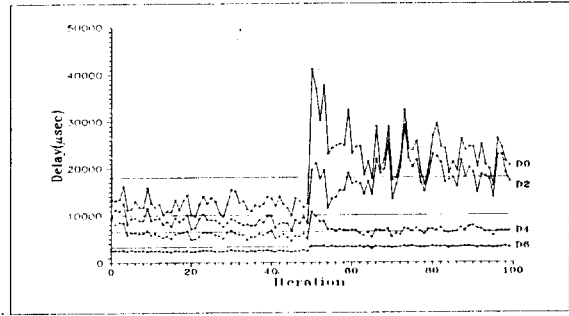


Fig.7 Data Latency from Simulation Experiments(70%⇔80% Traffic)

서 55번째 Iteration까지는 FNPM1에 의해, THT는 크게 증가시키고, 모든 TRT들은 감소시키며, 56번째 Iteration이후에는 Priority6의 상황에 따라서 FNPM1과 FNPM2를 사용하고 있다. 이러한 스위치형 FNPM에 의해, Priority6와 Priority4는 사용자의 요구전송지연에 근접하였으나, Priority2와 Priority0는 우선순위와 무관하게 비슷한 평균 전송지연시간을 갖게 되었다. 따라서, 70% Traffic일 경우에는 사용자의 요구전송지연이 제어목적에 달성하기에 충분하였으나, 이후 갑작스럽게 증가된 네트워크의 부하를 만족시키기에는 사용자의 요구가 너무 무리가 있었음을 알 수 있었다.

## 5. 결론

본 논문에서는 IEEE 802.4 토큰버스 프로토콜의 성능과 밀접한 관계가 있는 네 가지의 타이머를 인간의 사고방식과 유사한 퍼지이론을 이용함으로써 자동적으로 변수가 조절되는 스위치형 FNPM을 개발하였고, 그 성능을 토큰버스 통신망 시뮬레이션 모델을 통해서 검증하였다. 그 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 기존의 FNPM에서 만족스럽지 못했던 Priority6의 평균 전송지연시간을 Throughput을 고려한 스위치형 FNPM을 도입함으로써 토큰버스 네트워크의 성능관리에 더욱 효과적임을 보였다.
- 2) 네트워크 부하의 현격한 변동에도 스위치형 FNPM은 동적으로 잘 적응하여, 상위 우선순위 레벨 순으로 사용자의 요구 전송지연시간에 근접시키고 있음을 보였다.
- 3) 스위치형 FNPM은 네트워크 프로토콜의 어떠한 개정도 필요하지 않으며, 또한 사용자가 네트워크 트래픽에 관한 통계적인 정보없이도 그 기능을 수행하였다.
- 4) 이미 개발되었던 성능관리 기법과 비교하였을때 스위치형 FNPM은 PA(Perturbation Analysis), SO(Stochastic Optimization), LA(Learning Automata)와 같은 복잡한 테크닉없이도 그에 상응하는 효과를 얻을 수 있는 가능성을 제시하였다.

향후의 연구 과제로서는 FNPM에 학습능력과 membership function의 자동적인 tuning 기능의 부여, 그리고 사용자의 요구 전송지연에 대한 실현가능성의 평가, 다양한 트래픽에 대한 성능 검증과 보완 등을 들 수 있다.

## Appendix

### IEEE802.4 토큰버스 프로토콜

IEEE 802.4 토큰 버스 프로토콜은 전송 매체 접속 통제(Medium Access Control, MAC)를 위한 표준이다. 토큰 버스 프로토콜은 매체 접속 권리를 조정하기 위한 토큰을 가지고 있다. 이러한 토큰은 버스나 트리 구조상에 접속된 스테이션들이 논리적 링(Logical Ring)을 형성해 이를 따라 순환한다.

각 스테이션에는 네가지의 순차적인 우선순위가 있는데, 이는 Fig.A1에서와 같이 네개의 큐(Queue)와 네개의 카운트-다운 타이머, 즉 Token Holding Timer(THT), Token Rotation Timer(TRT4, TRT2, TRT0)를 가진다. 이 중 우선순위6(THT)이 가장 높고 그보다 낮은 우선순위4,2,0이 차례로 존재한다.

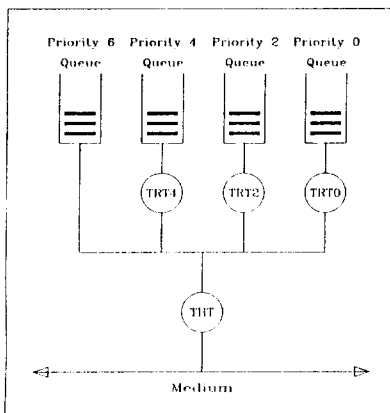


Fig.A1 Schematic Structure of Station

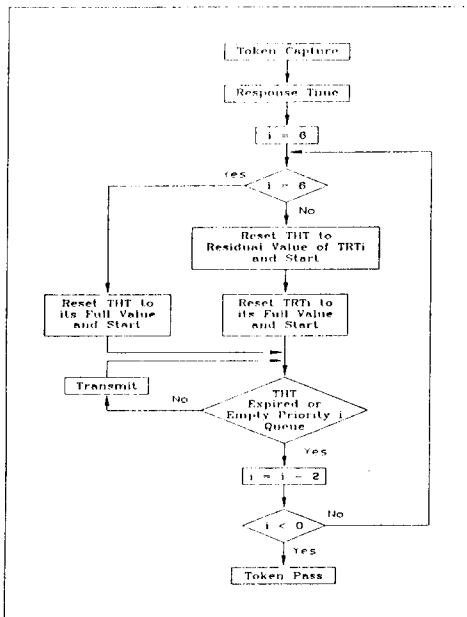


Fig.A2 Flow Chart of Priority Mechanism

이러한 우선순위 도구의 목적은 한정된 네트워크 용량을 상위 우선순위를 갖는 프레임에 우선적으로 할당하고, 하위 우선순위의 프레임은 여분의 용량이 있을 때만 전송하도록 하기 위한 것이다.

만약 어떤 스테이션이 토큰을 획득하였을때 그 스테이션은 다음의 Fig.A2과 같이 각 Priority들의 데이터를 전송할 수 있다.

이상에서 알수 있듯이, 우선순위6의 메시지는 THT의 시간동안 전송될 수 있는 반면, 세가지 하위 우선순위의 메시지는 해당 TRT에서 토큰이 논리적 링을 순환하는데 걸린 시간을 삭감한 시간동안 전송될 수 있다. TRT들의 우선순위4,2,0을 만족시키기 위해서는 TRT4>TRT2>TRT0의 크기로 타이머를 할당해야 한다.

### 참고문헌

- 이상호, 손준우, 이석, "토큰버스 프로토콜의 우선순위 시간할당에 관한 Fuzzy Algorithm의 개발", '94 한국자동제어 학술회의 논문집(I), pp.547-552, Oct., 1994
- 이상호, 손준우, 이석, "퍼지기법을 이용한 IEEE 802.4 토큰버스 네트워크의 성능관리기 개발", 대한계학회, '94년도 추계학술대회 논문집(I), pp.467-471, Nov., 1994
- Suk Lee and Asok Ray, "Performance Management of Multiple Access Communication Networks", IEEE Jour. on SELECTED AREAS IN COMMUNICATION, Vol.11, No.9, pp.1426-1437, DEC. 1993.
- Suk Lee, "Real-Time Performance Management of Multiple-Access Networks for Computer Communications", Ph.D. Thesis, Aug.1990.
- Valenzano, De Martini, & Ciminiera, "MAP & TOP Communications ; standards & Applications", Addison-wesley, 1992.
- IEEE Computer Society, "Information processing systems- local area networks-Part4", IEEE Inc., 1990.
- C.D. Pegden, "Introduction to SIMAN", Systems Modeling Corporation, 1985.
- A.M. Law, W.D. Kelton, "Simulation Modeling and Analysis", McGraw-Hill, 2nd Ed.
- C.C. Lee, "Fuzzy Logic in Control Systems : Fuzzy Logic Controller - Part I, II", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol.20, No.2, March/April 1990.
- Earl Cox, "Fuzzy Fundamentals", IEEE SPECTRUM October 1992.
- Michio Sugeno, "Industrial Application of Fuzzy Control", NORTH-HOLLAND, 1985.
- 三矢直城, 田中一男, "C言語による實用ファジイブック", ラッセル社, 1989.