

퍼지기법을 이용한 공장자동화용 토큰버스 네트워크의 성능관리

(Development of Fuzzy Network Performance Manager for Token Bus Factory Automation Networks)

(※)이 상 호, 손 준 우, 이 석

부산대 대학원 생산기계공학과, 부산대 공대 생산기계공학과

ABSTRACT

This paper focuses on development and implementation of a performance management algorithm for IEEE802.4 token bus networks to serve large-scale integrated manufacturing systems. Such factory automation networks have to satisfy delay constraints imposed on time-critical messages while maintaining as much network capacity as possible for non-time-critical messages. This paper presents the structure of a network performance manager that possesses the knowledge about performance management in a set of fuzzy rules and deriving its action through fuzzy inference mechanism. The efficacy of the performance management has been demonstrated by a series of simulation experiments.

1. 서론

생산의 자동화와 관리를 위한 컴퓨터의 응용은 50년대 초에 실용화된 수치제어 공작기계로부터 시작하여 현재 산업용 로봇 등에 매우 필수적인 요소가 되었다. 이 같은 컴퓨터의 응용은 성숙된 전자기술을 바탕으로 높은 신뢰성 등의 이유로 산업 분야의 여러곳에 가속적으로 확대되어 가고 있으며, 제품의 질이나 생산성도 대단히 향상되었다.

그러나, 컴퓨터를 사용한 이와 같은 자동화가 전체적인 생산과정을 총체적으로 고려한 것이 아니라, 개개의 독립적인 생산과정에 초점을 두어 이루어졌기 때문에 자동화의 섬(islands of automation)들을 형성하였으며, 생산성의 향상에도 한계가 있었다.

80년대에 들어서면서 각광을 받기 시작한 근거리 통신망(Local Area Network, LAN)이 생산 자동화에 응용되면서 네트워크에 접속된 두 기기가 수평적 구조에 의해 다른 기기의 도움없이 직접 통신을 수행할 수 있게 되었으며, 이를 바탕으로 컴퓨터 통합생산(Computer Integrated Manufacturing, CIM)의 개념이 성립되었다 [1]. 근거리 통신망에 의한 컴퓨터 네트워크는 제한된 공간 내에 분산되어 있는 여러 컴퓨터와 생산장비들을 공통된 전송매체로 연결하여 상호 간의 정보교환을 가능하게 한다. 이와 같은 컴퓨터 네트워크는 한 기업체 안에서 수행되는 여러 기업활동들을 하나의 패채르프를 이루는 대화형 제어 시스템으로 통합하려는 움직임으로, 컴퓨터 네트워크는 기업의 여러 부서 간의 긴밀한 정보 교환에 있어, 없어서는 안될 중추적인 역할을 맡고 있다.

이러한 대규모 생산 시스템에서는 Fig.1과 같이 다양한 종류의 데이터가 존재한다[2]. 즉, 작업장 레벨에서는 여러 생산장비들의 상태를 알리는 센서신호나 제어신호 등의 통신이 이루어지며, 데이터의 길이에 있어서도 대개 1-100 bytes 정도의 짧은 메시지가 일정한 간격으로 빈번히 발생한다. 그리고, 이러한 메시지들의 전송지연(Data Latency, 큐에서의 메시지 대기시간과 각 메시지의 전송시간의 합)에 대한 허용범위도 10-100msec 정도로 지연에 대한 제약이 크다. 이에 반해, 생산 시스템의 상위레벨에서는

비교적 긴 메시지들(1k - 1 Mbyte)이 가끔씩 전송되며, 전송지연의 허용범위도 1-10min으로 제약이 적은 편이다.

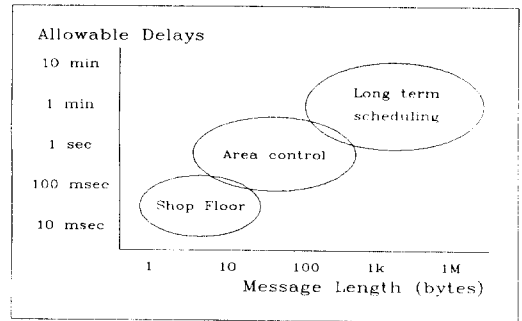


Fig.1 Disparate Data Groups

따라서, 대규모 통합 생산시스템에 컴퓨터 네트워크를 설계하거나 관리하려고 할때, 시간에 대한 긴급성을 요구하는 메시지들은 전송지연에 관한 요구조건을 만족하도록 설계하는 것이 중요하다.

이와 같은 점을 고려하여 공장 자동화용 표준 통신 프로토콜인 MAP(Manufacturing Automation Protocol)에서는 매체 접속 제어(Medium Access Control, MAC)의 표준으로 IEEE802.4 토큰버스 프로토콜을 선정하였으며, 여기에는 네 가지의 우선 순위 도구(Priority Mechanism)가 있다[3,4]. 이러한 우선순위 도구의 변수는 THT(Token Holding Time)와 TRTi(Token Rotation Time, $i=4,2,0$) 등으로 구성되며, 메시지의 전송지연에 관한 제약조건을 만족시킬 수 있도록 네트워크의 용량을 우선순위에 따라 할당함으로써 성능을 향상시킬 수 있다.

그러나, 네트워크의 통신부하와 통신자원은 시간에 따라 많은 변화를 가지므로, 프로코콜 변수의 선정에 있어서 네트워크의 동적인 조정기능을 요구한다.

International Standard Organization(ISO)에 따른, 네트워크의 관리

기능은 오류관리(fault management), 구성관리(configuration management), 성능관리(performance management)의 새가지 세부기능으로 구분된다[5-6]. 특히, 이 새가지 기능중에서 프로토콜 변수를 조절함으로써 네트워크의 용량을 동적으로 할당하는 기능을 가진 성능관리는 그 중요성이 오래 전부터 인식되어 왔다.

그러나, 프로토콜 변수와 네트워크 성능사이의 일반적인 관계가 잘 알려져 있지 않고, 변수의 조정을 위한 체계적인 접근방법 역시 존재하지 않기 때문에, 네트워크 전문가가 그의 경험을 바탕으로 이러한 변수를 조정하는 것이 일반적이었다.

본 연구에서는 이러한 네트워크의 성능관리를 위해, 퍼지기법을 이용하여 보다 합리적이고, 단순한 형태의 제어를 개발하였으며, 개발된 퍼지 네트워크 성능관리기(Fuzzy Network Performance Manager, FNPM)는 IEEE 802.4 토큰버스 네트워크 시뮬레이션 모델을 통하여 평가되었다[7-10].

2. IEEE 802.4 토큰버스 프로토콜

토큰 버스 방식은 Fig.2와 같이 버스(Bus)나 트리(Tree) 구조상에 부착된 스테이션들이 논리적 링(Logical Ring)을 형성하여 상호 통신하는 방식이다. 즉, 각 스테이션들은 순차적으로 위치가 할당되어지며, 논리적 링을 구성하고 있는 전/후(Predecessor/Successor)의 스테이션이 어떠한 것인가를 인지하고 있다.

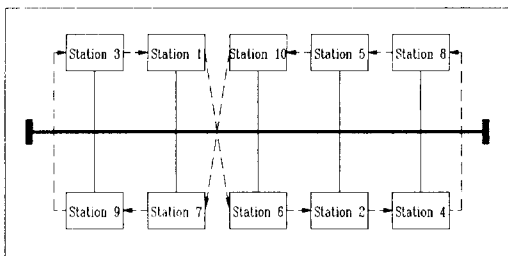


Fig.2 Logical Ring of Token Bus Network

토큰으로 알려진 제어패킷은 특별한 형식의 비트패턴(bit pattern)으로서, 액세스 권리를 조정한다. 즉, 어떤 스테이션이 토큰을 받으면 그 스테이션은 규정된 시간동안 배제의 제어권을 갖는다. 이 경우 스테이션은 한개 이상의 패킷을 전송할 수 있으며, 또한 다른 스테이션을 폴(Poll)하거나 응답(Response)을 수신할 수도 있다. 스테이션이 동작을 완료하거나 주어진 시간이 지나면 논리적 링을 따라 다음 스테이션으로 토큰을 전송한다. 따라서, 토큰을 수신한 새로운 스테이션이 전송할 수 있는 권리를 받게된다.

2.1 토큰버스 프로토콜의 우선순위 도구

IEEE 802.4 토큰버스 프로토콜은 메시지 전송을 위한 네 가지의 우선순위 도구를 가지며, 이러한 우선순위 도구는 네개의 카운트-다운 타이머, 즉 Token Holding Timer(THT), Token Rotation Timer(TRT4, TRT2, TRT0)를 가진다. 우선순위 도구의 목적은 한정된 네트워크 용량을 상위 우선순위를 갖는 메시지에 우선적으

로 할당하고, 하위 우선순위의 메시지는 여분의 용량이 있을때만 전송하도록 하는 것이다.

따라서, 네 가지 변수인 THT, TRT_i($i=4,2,0$)의 길이들이 전송지연에 근거해서 성능에 밀접한 관계가 있고 이러한 관계가 네트워크의 성능관리를 위한 핵심적인 요소가 된다. 즉, 이 변수들의 지정에 따라 네트워크 성능의 주요요소인 각 우선순위에 속하는 메시지들의 전송지연이 변하므로 변수의 적절한 선택으로 성능을 향상시킬 수 있다.

어떤 스테이션이 토큰을 수신하면 그 스테이션은 Fig.3과 같은 순서에 따라 각 우선순위들의 데이터를 전송할 수 있다. 즉, 우선순위6의 메시지는 THT의 시간동안 전송될 수 있는 반면, 세가지의 하위 순위의 메시지는 해당 TRT에서 토큰이 논리적 링을 순환하는데 걸린 시간을 삭감한 시간동안 전송할 수 있다. 또한 TRT들의 우선순위를 만족시키기 위해, IEEE802.4 표준에서는 $TRT_4 \geq TRT_2 \geq TRT_0$ 를 만족하도록 할당할 것을 요구한다.

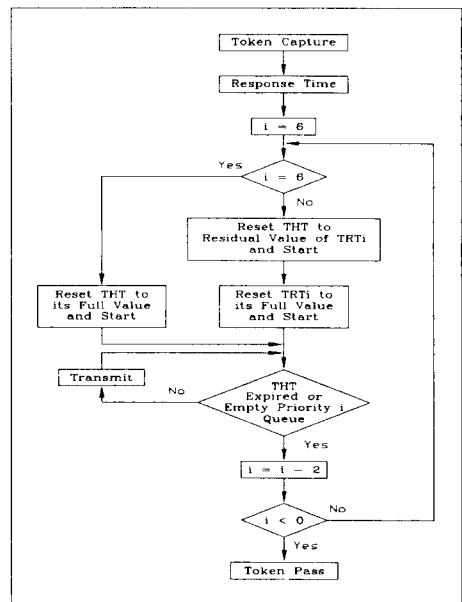


Fig.3 Flow Chart of Priority Mechanism

2.2 통신망 시뮬레이션 모델

IEEE802.4 토큰버스 프로토콜은 SIMAN을 이용하여 이산 사상 시뮬레이션(Discrete Event Simulation)으로 모델링 되었으며, 시뮬레이션 모델은 Fig.4와 같이 메시지 발생 서브모델(Message Generation Submodel)과 프로토콜 서브모델(Protocol Submodel)로 나누어진다[11-12].

메시지 발생 서브모델(M.G.S.)은 사용자가 정의한 확률분포에 따라 네트워크 트래픽(메시지 발생간격, 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.

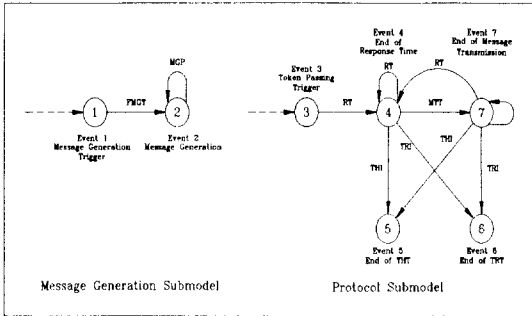


Fig.4 Event Diagram for Message Generation and Protocol Submodel

어느 큐에도 전송될 메시지가 존재하지 않을 경우에는 쓸모없는 토큰의 순환으로 인한 불필요한 event scheduling을 피하기 위하여, 네트워크가 전체적으로 아이들(idle)로 되자마자 프로토콜 서버모델은 정지된다. 이후 메시지가 발생하면 프로토콜 서버모델은 토큰의 위치와 타이머의 상태가 정지된 순간으로부터 계산되어 활동을 재개한다.

Table 1은 IEEE802.4 토큰버스 프로토콜 시뮬레이션 모델의 각 우선순위에 대한 파라미터를 보인다. 시뮬레이션 모델의 스테이션 갯수는 10개이며, 각 스테이션에는 4개의 우선순위를 위한 큐(Queue)가 있다.

최상위 우선순위(Priority 6)는 센서신호와 제어신호 등을 주로 전송하는 작업장 레벨을 위한 것으로, 이 레벨에서는 비교적 일정한 간격의 메시지 발생 분포와 대체로 균일한 메시지 길이를 가지는 특성이 있다. 그리고, 다음의 상위 우선순위들(Priority 4 과 Priority 2)은 생산주문이나 신제품에 관한 텍스트 파일(text file)과 NC 공작기계의 프로그램 등을 송수신하는 것으로, 우선순위4는 비교적 일정한 메시지 간격과 길이를 가지는 경우로써, 균일분포로 하였으며, 우선순위2는 메시지 간격과 길이에 있어 불규칙한 특성을 반영하기 위하여 지수분포로 설정하였다. 그리고, 우선순위0는 장기계획이나 CAD파일, 공정총괄 등을 전송하기 위한 것이며, 비교적 긴 메시지 길이와 발생간격을 지수분포에 의해 일어나도록 설정하였다.

	THT	TRT4	TRT2	TRT0
Number of Station	10			
Number of Queue per Station	4			
Type of Probability Distribution for Message Generation Interval	uniform	uniform	expon.	expon.
Average Message Generation Interval(μ sec)	10^4	5×10^4	10^5	5×10^6
Type of Probability Distribution for Message Length	uniform	uniform	expon.	expon.
Average Message Length(bit)	2×10^3	10^4	2×10^4	10^6

Table 1. Simulation Parameter Condition

3. Fuzzy Network Performance Manager(FNPM)

3.1 FNPM의 개발

지금까지 발표된 성능관리에 관한 기술은 주로 관리의 기능과 구조의 정의에만 국한되어 왔으며, 그 구체적인 실현 방안에 대한 연구는 많은 편이 아니다. 그러나, 최근에 PA(Perturbation Analysis), SO(Stochastic Optimization), LA(Learning Automata) 등의 이론을 복합적으로 사용하여 그 유효성을 입증한 경우가 있지만, 그 구조가 상당히 복잡하며, 통신규약을 개정할 필요도 있다[13-15].

이 같은 문제점을 극복하고, 보다 효율적인 관리기능을 수행하기 위하여, 인간의 관리기능을 모방한 퍼지기법을 도입하여 네트워크의 성능관리를 수행하도록 하였다[16-18]. 퍼지 네트워크 성능 관리기(FNPM)는 프로토콜 변수들을 관리자의 개입없이 상황에 따라 자동적으로 조절되도록 함으로써, 네트워크의 성능을 향상시킬 수 있다.

가장 먼저 개발된 FNPM은 4개의 우선순위에 대한 평균 전송 지연을 입력으로 받아, 81개의 룰을 이용하여 추론한 후, 각 타이머값의 변화량을 출력하는 경우로, 지나치게 많은 퍼지룰을 갖는다는 문제점을 가지며, TCT(Token Circulation Time, 토큰이 순환하는 데 걸리는 시간)와 Throughput등의 정보가 고려되지 않아 비효율적이며, 지능적인 요소를 갖추지 못했다[7,10].

이를 보완하기 위해, TCT를 고려하여 추론하는 FNPM를 개발하였다. 이 개선된 FNPM은 기존의 81개 룰을 12개로 줄일 수 있었으며, 보다 향상된 결과를 도출하였다. 그러나, 우선순위6의 전송지연이 사용자가 허용할 수 있는 요구전송지연을 만족시키기 어려운 경우에 있어서는 THT가 의미없이 계속해서 증가하는 문제를 안고 있었다[8,10].

따라서, 이와 같은 문제를 방지하기 위하여, THT를 다른 우선순위의 희생과 자신의 타이머의 증가에 의해 가급적 빠른 시간 내에 요구전송지연을 만족하도록 하는 새로운 퍼지룰을 만들어 Throughput을 이용한 스위치의 작동에 의해 기존의 룰과 병행하여 사용하였다[9,10]. 즉, 우선순위6의 지연이 만족되지 않으면, 다른 우선순위의 희생을 강요하는 새로운 룰에 의해 오로지 우선순위6의 지연만을 고려하도록 하여 우선순위6의 전송이 신속히 만족되도록 하였다.

본 연구에서는 각 우선순위의 전송지연이 사용자가 허용하는 요구전송지연보다 훨씬 낮은 경우, 각 우선순위 변수의 효율적인 구성을 위해 전송지연이 사용자의 요구 전송지연에 근접할 수 있도록 타이머를 줄이도록 하였다. 또한, THT가 불필요하게 커지는 것을 방지하기 THT의 상한선을 설정하였다. 이와 같은 것을 수행하기 위하여 새로운 퍼지룰은 모두 21개로 구성되어진다.

3.2 FNPM의 구성

FNPM 시스템은 크게 퍼지화부, 퍼지 추론부, 비퍼지화부, 지식 베이스부의 네가지 기본 모듈로 이루어지며, TCT와 각 우선순위의 지연에 대한 정보가 입력되면 FNPM은 이를 바탕으로 각 우선순위에 대한 THT, TRT_i ($i=4,2,0$)의 변화량을 추론하여 새로

은 타이머 값을 세팅한다.

퍼지화부

FNPM의 퍼지 입력변수로는 평균 토큰 순환시간(TCT)과 네트워크의 성능에 직접적인 영향을 미치는 각 우선순위의 전송지연 시간을 취하였으며, 각각 Large Small, Small, Medium, Big과 같이 4가지 단계의 연속적인 언어변수를 가지도록 하였다. Fig.5는 입력부에 대한 퍼지 언어변수를 나타낸다.

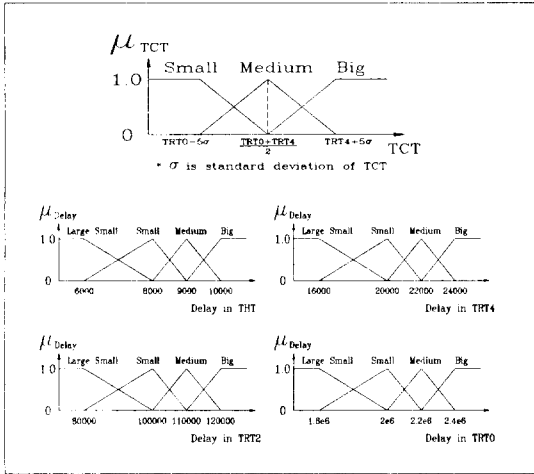


Fig.5 Primary fuzzy sets for average data latencies

비퍼지화부

FNPM의 출력변수로는 전송지연과 직접적인 관계가 있는 각 우선순위의 타이머 변화량을 선택하였다. 무게 중심법(center of area method)을 이용한 비퍼지화를 수행하여, 토큰버스 네트워크 시뮬레이션 모델의 변수의 변화량을 결정한다. Fig.6에 타이머들의 변화량에 관한 비퍼지화 영역을 보이는데 5단계(Negative Big, Negative Small, ZeRo, Positive Small, Positive Big)의 연속적인 언어변수 영역을 가진다.

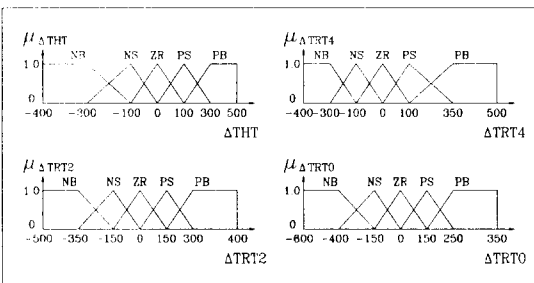


Fig.6 Primary fuzzy sets for timer changes

지식 베이스부

지식베이스를 구축하기 위해, 토큰버스 네트워크 시뮬레이션 모델을 이용하여, 타이머 할당에 대한 네트워크 지연특성을 다양하게 관찰하였다. 그 관찰결과는 아래와 같으며, 이를 바탕으로

Table3.1과 같은 퍼지룰을 도출하였다.

- ① 일반적으로 어떤 우선순위의 타이머가 길면 길수록, 그 우선순위의 전송지연은 짧아지는 편이다.
- ② 우선순위 6의 전송지연을 감소시키기 위해서는 THT를 증가시키는 것보다 TRT들을 감소시키는 것이 더욱 효과적이다.
- ③ 모든 TRT들을 토큰순환시간인 TCT와 비교하여 너무 길면, 큐에서의 대기시간이 우선순위와 무관하게 서로 비슷해지는 경향이 있다.
- ④ 어떤 TRT가 TCT와 비교하여 충분히 길지 않으면, 그 우선순위의 전송이 제대로 이루어지지 않아, 전송지연의 증가와 함께 정의된 네트워크 트래픽 보다도 throughput이 훨씬 더 작아진다.
- ⑤ 어떤 우선순위의 전송지연이 감소되면 그 영향으로 다른 우선순위의 전송지연이 증가할 수도 있다.
- ⑥ 어떤 TRT가 토큰만을 순환하는데 걸리는 시간인 120이하이면, 그 우선순위의 패세지는 전송되어 질 수 없으며, 이로 인해 다른 우선순위가 이득을 본다.

	TCT	D6	D4	D2	D0	ΔTHT	ΔTRT4	ΔTRT2	ΔTRT0
1	S					ZR	NB	NB	NB
2	M	B				PB	NB	NB	NB
3	M	M				PS	NS	NS	NS
4	M	S	B			ZR	PB	NS	NS
5	M	S	M			ZR	PS	ZR	ZR
6	M	S	S	B		ZR	ZR	PB	NS
7	M	S	S	M		ZR	ZR	PS	ZR
8	M	S	S	S	B	ZR	ZR	ZR	PB
9	M	S	S	S	M	ZR	ZR	ZR	PS
10	M	LS	B			NS	PB	NS	NS
11	M	LS	M			NS	PS	ZR	ZR
12	M	S	LS	B		ZR	NS	PB	NS
13	M	S	LS	M		ZR	NS	PS	ZR
14	M	S	S	LS	B	ZR	ZR	NS	PB
15	M	S	S	LS	M	ZR	ZR	NS	PS
16	M	S	S	S	LS	ZR	ZR	ZR	NS
17	M	S	S	S	S	ZR	ZR	ZR	ZR
18	M	LS	LS	LS	B	NS	NS	NS	PB
19	M	LS	LS	LS	M	NS	NS	NS	PS
20	L	S				ZR	PB	PB	PB
21	L	M				PB	ZR	ZR	ZR

Table 2. Fuzzy Rules for Performance Management

4. 결과와 토의

4.1 실험방법

시뮬레이션에서 얻어진 각 우선순위들의 전송지연과 TCT에 관한 정보를 FNPM의 입력으로 하여 퍼지추론을 수행하며, 네트워크의 특성을 반영한 21개의 퍼지룰을 통해 우선순위들의 타이머 변화량을 얻는다. 이를 바탕으로 다시 새로운 타이머 값이 통신탄 시뮬레이션 모델에 입력되며, 이와 같은 작업을 위해 같은 트래픽을 기초로 한 51가지의 랜덤 씨드(random seeds)를 이용한

다. 또한, 시뮬레이션에서 매회 통신망을 관측하는 시간은 20초이다.

본 연구에서, 시간에 대한 긴급성을 갖는 메시지가 전송지연 제약조건을 최우선적으로 만족할 수 있도록 고려하였으며, 현재의 트래픽 상태에서 만족이 불가능하다면, 최하위 우선순위의 전송을 막아 최상위 우선순위의 제약조건을 만족시킬 수 있도록 하였다. 이는 실시간에 전송되어야 할 데이터를 최우선적으로 고려하고자 하는 것으로 우선순위 도구의 목적과 부합한다.

실험은 전체적으로 80%의 트래픽에 대한 경우로써, 각 우선순위에 대해서는 동등하게 20%씩 할당되었다. 그리고, 우선순위6의 전송지연 제약조건에 대해서 쉽게 만족될 수 있는 경우와 만족되기 어려운 경우로 나누어 각각 수행되었다..

4.2 실험과 결과

Experiment I

■ 실험의 초기조건

- ① 트래픽G : 80 %
- ② 초기타이머 및 전송지연 제약조건

	순위6	순위4	순위2	순위0
초기 타이머 (μsec)	150	3500	3500	3500
전송지연 제약조건 (μsec)	8000	20000	1.0e5	1.6e6

■ 실험 결과

Experiment I은 우선순위6의 전송지연에 대한 제약조건을 만족시킬 수 있는 경우로서, Fig.7은 FNPM의 작동에 의해 각 우선순위의 전송지연이 변화하는 추이를 보이고 있다. 초기에는 모든 우선순위가 전송지연의 제약조건을 만족하지 못하고 있으나, 우선순위4와 2의 타이머 감소에 따른 희생과 우선순위6의 타이머 증가로 iteration 8에서 우선순위6의 전송지연 제약조건을 만족시키고 있다. 또한, 우선순위4도 초기부터 자신의 타이머를 관리함으로써 전송지연에 대한 제약조건에 근접하고 있으며, 이후 우선순위2도 전반적으로 전송지연 제약조건을 만족하였다. 그러나, 우선순위0는 상위 우선순위의 거동에 민감한 반응을 보였으며 전송지연 제약조건을 만족하지는 못하였다.

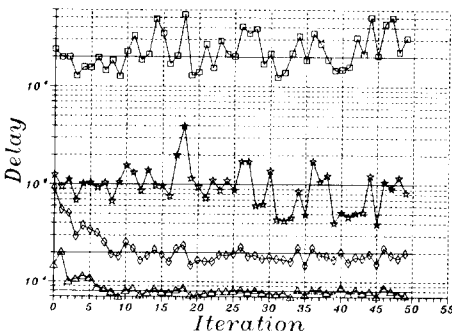


Fig.7 Data Latency from Simulation Experiments

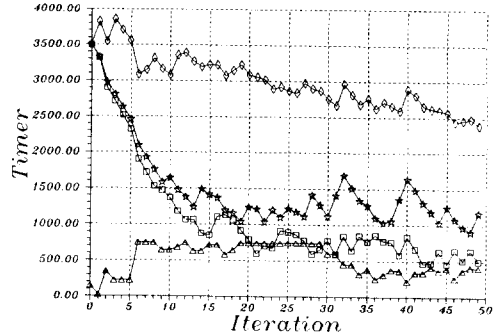


Fig.8 Timer Settings from Simulation Experiments

Fig.8은 이 실험에서의 타이머 변화량을 보이는데, 초기의 모든 우선순위의 전송지연이 제약조건을 상회함으로써 우선순위 도구의 목적과 부합하도록 상위 우선순위는 타이머를 증가시키고, 하위 우선순위는 상위 우선순위의 거동을 돕기 위하여 자신의 타이머를 낮춘다. 이후, 상위 우선순위가 전송지연에 대한 제약조건을 만족하면 하위 우선순위도 상위 우선순위의 거동에 방해가 되지 않는 한도내에서 자신의 전송을 관리하게 된다. 이와 같은 결과는 목지하는 바와 대체로 부합한 편이며, 전송지연 제약조건에 비해서 과도한 타이머의 설정을 막기 위하여 LS가 포함된 각 물이 적용됨으로써 적절한 타이머 값에 도달했다.

Experiment II

■ 실험의 초기조건

- ① 트래픽G : 80 %
- ② 초기타이머 및 전송지연 제약조건

	순위6	순위4	순위2	순위0
초기 타이머 (μsec)	150	3500	3500	3500
전송지연 제약조건 (μsec)	6000	20000	1.0e5	1.6e6

■ 실험 결과

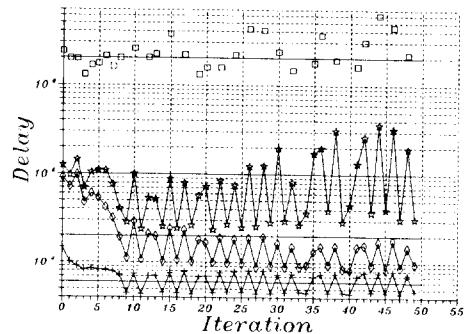


Fig.9 Data Latency from Simulation Experiments(70%→80% Traffic)

Experiment II는 Fig.9와 같이 우선순위6의 제약조건을 만족하

가 어려운 경우로서, 우선순위6의 타이머를 늘이고 다른 하위 우선순위들의 타이머를 줄이지만, 우선순위6의 전송지연을 감소시키는데는 한계가 있다. 따라서, iteration 9에서 최하위 우선순위인 우선순위0의 타이머가 120이하로 감소되면서 전송을 포기하여 네트워크의 용량을 상위 우선순위들이 전담해서 사용할 수 있도록 돕는다. 그러나, 네트워크의 가용성은 시간에 따라 변하기 때문에 일정시간 후에는 우선순위0도 전송에 참가하게 된다. 이것은 20번 물에 의해 이루어지며, 본 실험에서는 트래픽의 변화가 없으므로 우선순위0의 전송 여부가 계속해서 교번하여 발생하였다. 그러나, 이와 같은 것이 반복하더라도, 전반적인 추세는 상위 우선순위의 전송지연이 감소하고, 이에 따라 하위 우선순위의 전송지연이 증가하는 것을 볼 수 있었으며, 이 경우에 있어서도 물이 대체로 합당하다는 것을 확인하였다. 그러나, 이러한 우선순위0의 전송 여부의 변화가 빈번한 네트워크는 바람직하지 못하므로 이 부분에 관한 더욱 향상된 제도적 보완 장치가 요구된다.

5. 결론

본 연구에서는 공장자동화용 표준 통신 프로토콜인 IEEE 802.4 토큰버스 프로토콜의 성능과 밀접한 관계가 있는 네 가지의 우선순위 타이머를 동적으로 조절하기 위하여 퍼지이론을 이용하였다. 또한, 그 성능을 SIMAN에 의해 개발된 토큰버스 통신망 시뮬레이션 모델을 통해서 검증하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 공장내에서 발생하는 각 매세지들의 종류 및 발생간격과 길이를 파악하여 우선순위 도구의 각 Priority에 반영하였다.
- 2) 토큰버스 네트워크의 특성을 반영한 21개의 퍼지물은 성능 관리에 있어 유효한 수단이며, 특히 LS에 관한 물들은 효율적인 네트워크 관리가 가능하도록 하며, 우선순위 도구를 신속하게 조절하였다.
- 3) 우선순위6의 전송지연 제약조건이 만족되기 쉬운 경우에 있어서는 우선순위 순으로 이를 만족함으로써 우선순위 도구의 목적에 부합하였다.
- 4) 우선순위6의 제약조건을 만족하기 어려운 경우에 있어서는 우선순위0의 전송을 네트워크에서 없애므로써 나머지 우선순위의 제약조건을 만족할 수 있었다.
- 5) 이미 개발되었던 성능관리 기법과 비교하였을때 FNPM은 PA(Perturbation Analysis), SO(Stochastic Optimization), LA(Learning Automata)와 같은 복잡한 테크닉없이도 그에 상응하는 효과를 얻을 수 있었다.

향후의 연구과제로서는 FNPM에 학습능력을 부여하는 것과 membership function의 자동적인 tuning 기능, 다양한 트래픽에 대한 성능 검증과 보완 등을 들 수 있다.

참고문헌

1. J.T. O'Rourke, "A Case for Computer Integrated Manufacturing," Keynote Address, NSF Workshop on Computer

- Networking for Manufacturing System, 1987.
2. W.L. Genter, K.S. Vastola, "Performance of the Token Bus for Time Critical Messages in a Manufacturing Environment," American Control Conference, 1989.
3. IEEE Computer Society, "Information processing systems- local area networks-Part4", IEEE Inc., 1990.
4. Valenzano, De Martini, & Ciminiera, "MAP & TOP Communications ; standards & Applications", Addison-wesley, 1992.
5. D.M. Thompson, "LAN Management Standards -- Architecture and Protocols," IEEE INFOCOM 1986, pp.355-363.
6. S.M. Klerer, "The OSI Management Architecture: An Overview," IEEE Network, Vol.2, No.2, March 1988, pp.20-29.
7. 이상호, 손준우, 이석, "토큰버스 프로토콜의 우선순위 시간 할당에 관한 Fuzzy Algorithm의 개발", '94 한국자동제어 학술회의 논문집(1), pp.547-552, Oct., 1994
8. 이상호, 손준우, 이석, "퍼지기법을 이용한 IEEE 802.4 토큰버스 네트워크의 성능관리기 개발", 대한기계학회, '94년도 추계학술대회 논문집(1), pp.467-471, Nov., 1994
9. 이상호, 손준우, 이석, "IEEE802.4 토큰버스를 위한 퍼지 네트워크 관리기의 개발", 한국정밀공학회, '94년도 추계학술대회 논문집, pp.461-466, Nov., 1994.
10. 이석, 이상호, 손준우, "컴퓨터 통합생산을 위한 토큰버스 네트워크의 성능관리," 1994년도 한국학술진흥재단 신진교수 과제 중간보고서, 1995
11. C.D. Pegden, "Introduction to SIMAN", Systems Modeling Corporation, 1985.
12. A.M. Law, W.D. Kelton, "Simulation Modeling and Analysis", McGraw-Hill, 2nd Ed.
13. 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.
14. 이 석, "컴퓨터 통합생산을 위한 통신망의 성능관리 : 제1부 성능평가," 한국정밀공학회, 제11권, 제4호, pp.126-137, 1994.
15. 이 석, "컴퓨터 통합생산을 위한 통신망의 성능관리 : 제2부 의사결정," 한국정밀공학회, 제11권, 제4호, pp.138-147, 1994.
16. 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.
17. L. Zadach, "Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Process," IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics, Vol.SMC-3, No.1, Jan. 1973.
18. Michico Sugeno, "Industrial Application of Fuzzy Control", NORTH-HOLLAND, 1985.