

# 시뮬레이션을 이용한 필드버스 프로토콜의 성능 평가 Performance Evaluation of Fieldbus Protocol using Simulation

°이경창\*, 김인준\*\*, 이석\*\*\*

- \* 부산대학교 생산기계공학과(Tel:+82-51-510-3091;Fax:+82-51-514-0685;E-mail:gcllee@hyowon.pusan.ac.kr)
- \*\* 부산대학교 생산기계공학과(Tel:+82-51-510-3091;Fax:+82-51-514-0685;E-mail:ijkim1@hyowon.pusan.ac.kr)
- \*\*\* 부산대학교 기계공학부(Tel:+82-51-510-2320;Fax:+82-51-514-0685;E-mail:slee@hyowon.pusan.ac.kr)

**Abstracts** Networking for manufacturing is gaining importance as a nerve system of computer-integrated manufacturing(CIM). Among the various network types, the most inexpensive type called fieldbus is specifically aimed to interconnect simple devices such as sensors and actuators. For this purpose, there are several choices of the protocol such as Profibus, FIP, Foundation Fieldbus, and IEC/ISA fieldbus. This paper presents the simulation results of Profibus and FIP. Both protocols has been simulated in order to evaluate the performance such as transmission delay and throughput under different protocol parameter setting and traffic conditions.

**Keywords** Profibus, FIP, Fieldbus, Simulation, CIM

## 1. 서 론

최근의 컴퓨터와 전자기술의 발달은 생산현장의 많은 공정과 장비들을 자동화시켰다. 생산 주문의 처리에서부터, 설계, 가공, 판매에 이르기까지 생산활동의 대부분이 자동화되었으며, 이러한 자동화 추세는 생산시스템의 생산성을 전반적으로 향상시켰다. 그러나, 효과적인 생산시스템 구축을 위하여 추진해온 자동화는 전체적인 생산공정에 초점을 맞추는 대신 부분적인 생산공정의 요소자동화에 치중되어 자동화의 섬(islands of automation)들을 양산시켰다. 이 같은 문제 해결을 위하여 기업의 전체적인 생산 활동을 매우 응답이 빠른 하나의 폐루프 제어 시스템(interactive closed-loop control system)으로 통합하려는 컴퓨터 통합 생산(computer integrated manufacturing, CIM) 개념이 확립되었다.

그림 1은 미국 과학기술국(NIST) 첨단 생산연구시설(Advanced Manufacturing Research Facility, AMRF)의 생산 시스템에 대한 개념적 구조이다. 이 구조에서는 생산기능을 다섯 층의 계층적인 형태로 모델링하였으며, 각 계층 내에서는 각종 장비와 공정간의 정보교환을 위하여 수평적인 통합이 필요하고, 인접한 상하 계층간의 정보교환을 위하여 수직적인 통합이 필요하다. 이 같은 통합을 위하여, 생산활동의 각 공정에서 생성되는 정보들을 수집, 분석, 가공 및 저장할 수 있어야 할 뿐만 아니라, 각 공정에서 필요로 하는 각종 정보들을 실시간에 제공할 수 있는 정보의 통합화가 구현되어야 한다.

이는 모든 공정의 통합화를 지향하는 CIM에서 중요한 요소로 부각되고 있는 네트워킹을 통하여 해결한다. 그러나, 계층별로 정보의 종류, 양, 빈도 등이 다르므로, 하나의 네트워크로 다양한 사양을 만족시키기는 어렵기 때문에, 생산시스템의 각 층별로 분리하여 네트워크를 구성한다. 먼저 상위층의 방대한 정보량과 완벽한 통신 기능을 위하여 1980년대 초에 GM의 주도로 MAP

(Manufacturing Automation Protocol)이 개발되었으며, 중간층의 상당한 정보처리량과 시간지연에 다소 민감한 정보 처리를 위하여 MiniMAP이 MAP 표준에 추가되었다. 그러나, MAP이나 MiniMAP은 정보량은 많지 않지만, 잦은 빈도와 엄격한 실시간 전송이 필요한 하위층에는 적합하지 않은 시스템으로 인식되었으며, 1980년대 후반 생산현장의 필드에 설치된 각종 제어 및 자동화 관련 장비들에서 생성되는 데이터들의 실시간 통신을 지원하며, 가격이 저렴한 필드버스가 제안되었다.

세계적으로 많이 응용되고 있는 필드버스로는 독일의 Profibus, 프랑스의 FIP, 미국의 Foundation Fieldbus, Interbus, CAN 등이 있다. 또한, IEC/ISA에 의한 필드버스의 표준화 작업이 진행되고 있는 추세이나, 표준안이 아직 완성되지 않았기에 국내외의 자동화 장비 생산업체들은 개발한 장비의 통신 인터페이스를 어느 통신규약에 맞추어야 할 지 고민하는 상태이다.

본 논문에서는 생산현장에서 가장 많이 응용되고 있는 Profibus와 FIP의 데이터링크계층(Data Link Layer, DLL) 규약에 명시된 토폴로지, 전송매체, 매체접속방식, 최대 접속기구수, 전송속도 등을 고려하여 정성적인 평가를 수행하고, SIMAN을 이용하여 시뮬레이션 모델을 구성한다. 또한, 공장에서 전달되는 데이터 유형을 상정하여 4가지의 가상 공장 시나리오를 설계하며, 이를 시뮬레이션 모델과 결합시켜 각 시나리오에 따른 성능을 평가함으로써, 각 프로토콜의 장단점을 분석하려고 한다.

## 2. Profibus와 FIP 프로토콜

대부분의 필드버스 시스템에서 채용하고 있는 DLL 프로토콜은 크게 중앙제어방식과 분산제어방식으로 나누어진다. 중앙제어 방식으로는 생산자-소비자(Producer-Consumer) 논리를 이용한 FIP가 있으며, 분산제어방식으로는 마스터-슬레이브(Master-Slave) 논리를 이용한 토큰 패싱(Token Passing) 방식을 사용하는 Profibus가 있다. 또한, 스케줄링 논리를 토큰 패싱 방식에 결합시킨 혼합 방식을 이용한 IEC/ISA 필드버스와 이를 적용한 Fieldbus Foundation이 있다. 표 1에서 Profibus, FIP, IEC/ISA 필드버스의 특징들을 정리하였다.

Profibus는 그림 2와 같이, 버스에 접속된 스테이션들을 마스터와 슬레이브 스테이션으로 구분한다. 마스터는 전송 권한을 표시하는 토큰을 LAS(List of Active Station)의 순서에 따라 전송받아 메시지 전송에 능동적으로 참여하며, 슬레이브는 마스터의

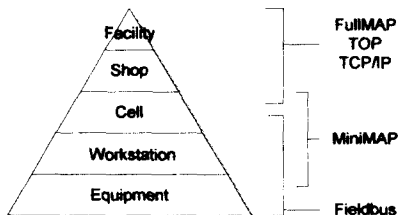


그림 1. 자동화 구성을 위한 네트워크 형태  
Fig. 1 Network Types for Automation Architecture

요청이 있을 때만 전송에 참여할 수 있다. 마스터는  $T_{TR}$ (Target Rotation Time),  $T_{RR}$ (Real Rotation Time),  $T_{TH}$ (Token Holding time)의 타이머를 가지는데,  $T_{TR}$ 은 토큰이 버스를 1회전하는데 예상되는 시간이며,  $T_{RR}$ 은 실제 1회전시간이며,  $T_{TH}$ 는  $T_{TR}-T_{RR}$ 이다. 마스터는 토큰을 받은 직후, 하나의 high 우선순위의 메시지를 전송한 후,  $T_{TH}>0$ 인 경우에 high, low의 순으로 메시지를 전송한다. 정성적으로 Profibus는 비주기적 메시지 처리에 유리하며, 마스터와 슬레이브의 구성을 조절함으로써 다양한 환경에 적용 가능하고, 메시지가 불규칙하게 발생하는 생산제어(Manufacturing Control)에 적합하다. 또한, 토큰 패싱 방식과 같은 분산제어방식의 특징인 각 스테이션으로의 트래픽의 균등한 분배를 이룰 수 있다. 반면에 주기 데이터를 처리하지 못하며, 메시지의 시간 제약 조건을 통계적으로만 만족시킨다는 단점이 있다.

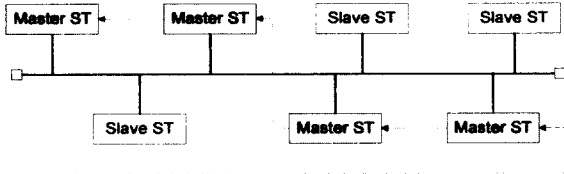


그림 2. 프로피버스의 토폴로지  
Fig. 2 Topology of Profibus

FIP는 그림 3과 같이, 버스에 접속된 스테이션들이 BA(Bus Arbitrator), 생산자(Producer), 소비자(Consumer)로 구분된다. BA는 생산자에서 생산되는 변수(variable)와 메시지(message)에 대해 고유한 주소를 할당한 식별자(Identifier) 프레임을 사용하여, 각 스테이션들의 전송 권한을 스케줄링하고, ID 프레임을 사용하여 전송 기회를 부여한다. 생산자는 고유한 주소를 가진 메시지를 생성, 송신하는 스테이션이며, 소비자는 그 메시지를 수신하는 스테이션이다.

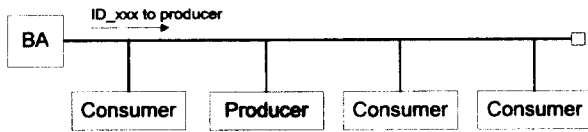


그림 3. FIP의 토폴로지  
Fig. 3 Topology of FIP

먼저 BA는 ID 프레임을 기본주기내에 스케줄링된 순서대로 버스로 방송한다. 이때, 방송되는 ID와 일치하는 메시지를 가진 생산자는 ID 프레임을 수신받고, 일치되는 변수나 메시지를 처리하거나, 새로운 요청을 한 뒤, BA에게 전송이 끝났음을 알리며, BA는 다음 ID 프레임을 전송하게 된다.

BA는 그림 4와 같이, 기본 주기(Elementary Cycle)내에 주기 변수 및 메시지 교환, 비주기 변수 교환, 비주기 메시지 전달을 수행하며, 전송할 변수나 메시지가 없는 경우 동기화를 위하여

filling 프레임을 추가로 전송한다. FIP의 경우, 스케줄링 기법과 같은 중앙제어방식의 특징인 예약된 데이터에 대한 시간 제약 조건을 완전히 만족시킬 수 있으므로, 주기 메시지 처리에 유리하며, 메시지가 주기적으로 발생하는 공정제어(Process Control)에 적합하다. 반면에 고장이나 특수한 상황과 같이 메시지가 불규칙하게 발생하는 경우 메시지 처리를 제대로 처리하지 못하며, 우선순위 도구가 없다는 단점이 있다.

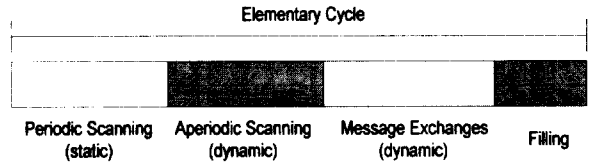


그림 4. 기본주기내의 데이터 전송 순서  
Fig. 4 Transmission Sequence of Data in Elementary cycle

### 3. 가상 공장 시나리오 및 시뮬레이션 모델 구성

#### 3-1. 가상 공장 시나리오 구성

대부분의 필드에서 주기 메시지는 센서, 액추에이터 등의 기기에서 생성되는 제어신호이며, 1~4byte의 길이로 10msec 이상의 간격으로 생성된다. 이런 주기 메시지는 기기의 제어 효율을 위하여 1 크기의 버퍼를 유지함으로써 다음 메시지 발생 전까지 전송이 되지 못한 경우 제거되어 버린다. 시뮬레이션에서는 각 스테이션에서 크기가 1인 큐를 유지함으로써 다음 메시지 발생 전까지 전송되지 못한 경우, 이전의 메시지는 제거되게 하였다.

비주기 메시지는 공압회로, 밸브 등의 On/Off 신호, 동작기계, PLC 등의 상태정보, 고장 등의 이상신호 등이며, 1~100byte의 지수분포의 비교적 긴 길이로 수 msec~수십초 간격의 지수분포로 생성되며, 이상신호와 같은 시간 제약 조건이 매우 엄격한 것과 상태정보와 같은 그렇지 않은 것이 있다.

본 논문에서는 필드에서 발생하는 메시지들의 특성을 기초로 하여, 4가지의 가상 공장 시나리오를 작성하였다. 시나리오 1과 2는 극단적인 상황으로써, 1은 접속되어 있는 모든 스테이션에서 비주기 메시지만이 발생하는 경우이며, 시나리오 2는 접속되어 있는 모든 스테이션에서 주기 메시지만이 발생하는 경우이다. 시나리오 3과 4는 주기 및 비주기 메시지가 동시에 발생하는 일반적인 상황으로써, 3의 경우 한 스테이션에서 주기 및 비주기 메시지가 트래픽의 50%씩 생성되는 경우이며, 4는 전체 스테이션의 1/2에서 주기 메시지가, 나머지 1/2에서 비주기 메시지가 생성되는 경우이다.

또한, Profibus는 시나리오에 따른 마스터와 슬레이브 구조를 설계하여야 한다. 시뮬레이션 모델에서는, 시나리오 1의 경우 스테이션 전체를 마스터로, 시나리오 2의 경우, 주기적 환경에 적합하다고 알려져 있는 하나의 마스터와 나머지의 슬레이브,

표 1. 필드버스 프로토콜의 비교  
Table 1. Comparison of Fieldbus Protocol

Network	Profibus	FIP	IEC/ISA fieldbus
Topology	bus	bus	bus
Access	Token passing with master/slave	Polling with BA(Bus Arbitrator)	Token Passing + Polling with LAS(Link Active Scheduler)
Transmission rate	9.6k, 19.2k, 93.75k, 187.5k, 500k	31.25k, 1M, 2.5M	31.25k, 1M, 2.5M
Number of station per segment	32	32	32
Medium	STP(Shield Twisted Pair)	STP	STP, Optical Fiber
Error detection	Character Oriented Transmission + FCS8(8bit Frame Check Sequence)	FCS16 (16bit Frame Check Sequence)	FCS16

시나리오 3의 경우는 전체를 마스터로, 시나리오 4의 경우는 주기 메시지만 발생하는 스테이션은 슬레이브로, 비주기 메시지만 발생하는 스테이션은 마스터로 설계하였다.

### 3-2. 시뮬레이션 모델 구성

Profibus와 FIP의 시뮬레이션 모델은 Data Link Layer의 State diagram을 SIMAN Ver 5.를 이용하여 작성하였다. 시뮬레이션 모델의 스테이션 수는 30개로 구성하였으며, 전체 트래픽을 10%에서 100%까지 변화시켜 가면서 시뮬레이션을 수행하였다.

$$G = \sum_{i=1}^N \frac{L_i}{T_i B} \quad (1)$$

트래픽은 식 1에서 구해진다. N은 스테이션 개수이며, L은 평균 메시지 길이, T는 평균 메시지 발생 간격, B는 전송속도를 표시한다.

모델에서 주기 메시지의 경우는 발생간격을 10msec의 상수로 유지하고, 메시지 길이를 4byte에서 42byte의 상수로 변화시켰으며, 비주기 메시지의 경우 메시지 길이를 최소 1byte, 최빈 20byte, 최대 100byte의 삼각분포로 유지하고, 발생간격을 최소 100 μsec, 최빈 72msec, 최대 218 μsec에서 최소 100 μsec, 최빈 7msec, 최대 22msec의 삼각분포로 변화시켰다.

전송속도의 경우, Profibus는 최대 500kbps, FIP는 1M, 2.5Mbps로 차이가 난다. 그러나, 두 모델의 비교를 위해서는 전송속도를 일치시켜야 하므로, 두 모델의 전송속도를 국제표준인 IEC/ISA 물리계층의 표준인 1Mbps로 가정하였다.

또한, 두 프로토콜의 성능 비교를 위하여 메시지의 특성을 주기 high, 비주기 high, 비주기 low의 3가지 형태로 구분하였다. 그러나, Profibus의 경우 주기와 비주기 메시지를, FIP의 경우 high 우선순위와 low 우선순위를 프로토콜에서는 구분하지 않으므로, 시뮬레이션에서는 통계치 측정에만 구분하였다. 따라서, Profibus에서는, 주기 메시지를 처리하기 위하여 high 우선순위에 주기 메시지가 있으면 이전의 메시지를 제거하고, 새로운 메시지를 1순위로 큐에 저장시켜 우선적으로 전송하게 하였다. 또한, FIP는 비주기 high와 low를 구분하지 않고, 모두 비주기 메시지로 취급하였으며, 시뮬레이션 결과에서 비주기 high와 low 메시지의 전송지연과 처리율은 같게 나타나게 하였다.

## 4. 시뮬레이션 결과

### 4-1. T<sub>TR</sub>, Elementary Cycle의 영향 평가

먼저 Profibus와 FIP의 성능에 영향을 미치는 성능변수로 널리 알려져 있는 T<sub>TR</sub>과 기본주기가 프로토콜 성능에 미치는 영향에 대하여 파악하기 위하여 T<sub>TR</sub>과 기본주기를 5~20msec로, 트래픽을 10%~100%로 변화시키면서 시뮬레이션을 수행하며, 이때 생성되는 메시지의 전송지연과 처리율의 그래프를 이용하여 프로토콜에 대한 평가를 수행하였다. 여기서 메시지의 전송지연은 생성된 후 전송이 완료될 때까지 걸린 시간으로 정의하며, 처리율은 전송된 메시지를 생성된 메시지로 나눈 비율로 정의한다.

그림 5와 6은 비주기 메시지만이 발생하는 시나리오 1에서 Profibus의 우선순위 high 및 low 메시지의 전송지연과 처리율을 비교한 것이다. 그림에서 보듯이 트래픽이 50%이하인 경우 전송지연은 10msec이하이며, 처리율은 거의 1이었다. 그러나, 트래픽이 50%를 넘어설 경우, 메시지의 전송지연이 급격히 증가하며, high 메시지의 처리율은 완만히, low 메시지의 처리율은 급격히 감소하기 시작한다. 이는 high 메시지의 전송을 위하여 low 메시지의 전송을 포기하게 하는 우선순위 도구에 의한 결과이다. 또한, 트래픽이 50%에서 전송지연과 처리율의 변화가 급한 이유는 오버헤드 및 토큰의 전송을 포함한 총 전송량이 트래픽이 50%되는 지점에서 생성된 메시지의 2배 이상이 되기 때문

이다. 또한, 트래픽이 50%이상인 영역에서, T<sub>TR</sub>이 커질 경우 high 메시지의 전송지연은 증가하고, 처리율은 감소하며, low 메시지의 전송지연은 감소하고, 처리율은 증가하는 추세를 보이고 있다. 이는 T<sub>TR</sub>이 커지면, 각 스테이션의 low 메시지의 전송 기회가 증가하게 되며, 이의 영향으로 high 메시지의 경우 전송 기회가 감소하기 때문이다.

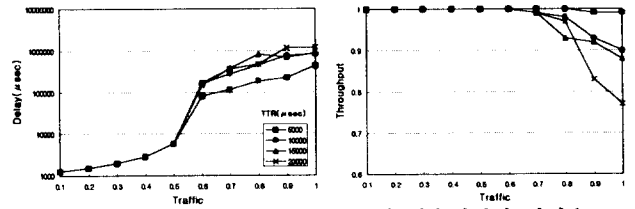


그림 5. Profibus에서 high 메시지의 전송지연과 처리율  
Fig. 5 Delay and Throughput of High Message in Profibus

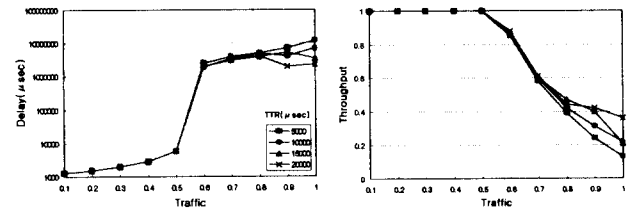


그림 6. Profibus에서 low 메시지의 전송지연과 처리율  
Fig. 6 Delay and Throughput of Low Message in Profibus

그림 7은 주기 메시지만이 발생하는 시나리오 2번에서 FIP의 주기 메시지의 전송지연과 처리율을 비교한 것이다. 프로토콜에 의하면 기본주기는 가장 작은 주기 메시지의 발생간격보다 정수배로 작아야 한다. 이는 그림에서 보듯이 기본주기가 15msec, 20msec인 경우 낮은 트래픽에서도 처리율이 0.67과 0.5를 보이고 있으며, 기본주기는 메시지의 발생간격인 10msec의 정수배로 작아야 함을 할 수 있다. 또한, 전송지연은 기본주기, 트래픽에는 관계없이 5~6msec의 낮은 전송지연을 보이고 있으며, 기본주기가 10msec이하인 경우, 처리율은 트래픽이 50%를 넘어설 경우 처리율이 낮아지기 시작한다. FIP의 경우도 Profibus와 마찬가지로, ID 전송 등을 포함한 총 전송량이 트래픽이 50%에서 생성된 메시지의 2배 이상이 되기 때문에 처리율이 낮아지기 시작한다.

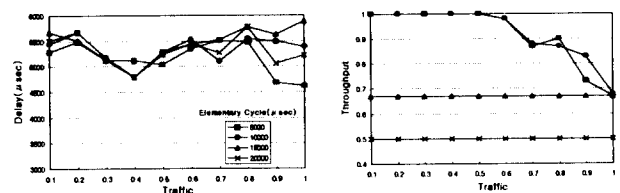


그림 7. FIP에서 주기 메시지의 전송지연과 처리율  
Fig. 7 Delay and Throughput of Periodic Message in FIP

이상의 시뮬레이션 결과 Profibus의 T<sub>TR</sub>은 클 경우 high 메시지의 전송지연은 증가하고, 처리율은 감소하며, low 메시지의 전송지연은 감소하고, 처리율은 증가하는 추세를 보이나, 일정 크기 이상이 되면, 시스템 성능은 큰 영향을 받지 않는 것으로 보인다. FIP의 기본주기는 가장 작은 주기 메시지의 발생간격으로 설정하면 가장 좋은 성능을 얻을 수 있는 것으로 나타났다. 또한, 트래픽이 버스 용량의 50% 이상인 경우 두 프로토콜 모두 오버헤드를 포함한 메시지 전송량이 버스 전송용량을 넘어설게 되어 처리율이 낮아지게 된다.

### 4-2. 시나리오에 따른 프로토콜의 비교

이 시뮬레이션에서는 위의 결과를 바탕으로 Profibus의 T<sub>TR</sub>과 FIP의 기본주기를 각각 10msec로 두고 4개의 가상적인 공장 시

나리오를 이용하여 시뮬레이션을 실시하며, 두 프로토콜의 성능에 대해 비교를 한다.

그림 8은 비주기 메시지만이 발생하는 시나리오 1에서의 시뮬레이션 결과이다. 그림에서 보듯이, Profibus의 경우 트래픽이 50%이하에서는 high 및 low 메시지의 전송지연이 6000  $\mu$ sec 정도의 낮은 전송지연을 보이고 있다. 또한, 트래픽이 50% 이상이 되었을 경우, high 메시지의 처리율은 거의 100%에 가까우나 low 메시지의 처리율은 급격히 떨어진다. 이는 high 메시지를 우선 전송하려는 우선순위 도구의 영향 때문이다. 그러나, FIP의 경우 낮은 트래픽에서도 10000  $\mu$ sec에 가까운 상대적으로 높은 전송지연을 보이고 있으며, 트래픽이 40%이상에서 처리율이 급속히 감소하고 있다. 이상의 결과에서 보듯이 고장이나 이상신호와 같은 불규칙적이고, 전송지연에 민감한 메시지가 생성되는 경우 높은 트래픽에서도 Profibus가 상대적으로 효율적임을 알 수 있다.

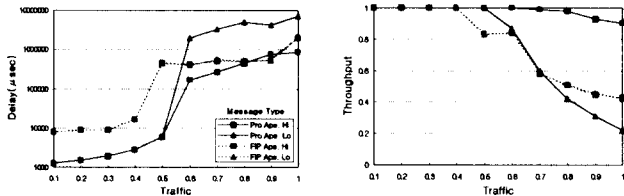


그림 8. 시나리오 1에서의 전송지연과 처리율 비교  
Fig. 8 Comparison of Delay and Throughput in Scenario 1

그림 9는 주기 메시지만이 발생하는 시나리오 2에서의 시뮬레이션 결과이다. 그림에서 보듯이, 두 프로토콜 모두 6000  $\mu$ sec 이하로 심각한 전송지연은 발생하지 않고 있다. 이는 주기 메시지는 자신의 발생간격인 10000  $\mu$ sec동안 전송이 되지 않을 경우 제거되어 버리기 때문이다. 처리율의 경우, Profibus는 트래픽이 20%때부터 점차적으로 감소하지만, FIP는 트래픽이 50%가 될 때까지 처리율이 100%에 가깝게 나타났다. 이상의 결과에서 보듯이 센서, 액츄에이터 등으로부터의 샘플링 메시지의 전송과 같은 주기 메시지의 전송이 대부분인 경우, FIP가 상대적으로 효율적임을 알 수 있다.

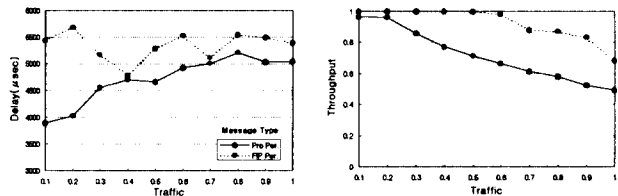


그림 9. 시나리오 2에서의 전송지연과 처리율 비교  
Fig. 9 Comparison of Delay and Throughput in Scenario 2

그림 10과 11은 주기 메시지와 비주기 메시지가 함께 발생하는 보다 일반적인 공장 환경을 모델링한 시나리오 3과 4에서 시뮬레이션한 결과이다. 그림에서 보듯이 주기 메시지의 처리는 시나리오 2의 결과와 유사하며, 비주기 메시지의 처리는 시나리오 1의 결과와 유사하므로 알 수 있다. 특히, 샘플링 메시지와 같은 주기 메시지와 불규칙적인 이상신호와 같은 비주기 high 메시지가 공존하는 경우 Profibus는 비주기 high 메시지 처리에, FIP의 경우는 주기 메시지 처리에 효율적임을 알 수 있다. 또한, 20% 이하의 낮은 트래픽하에서는 두 프로토콜 모두 만족할만한 성능을 가지며, 주기 및 비주기 메시지 처리에 효율적으로 동작하는 것으로 보인다. 일반적으로, 트래픽이 40%일 경우, FIP는 주기 및 비주기 high 메시지를 큰 전송지연없이 처리를 하고 있는 것으로 보아 FIP가 Profibus에 비해 우수한 것으로 보인다. 그러나, 이는 Profibus의 주기 메시지 큐 용량을 1로 하였을 경우이며, 큐 용량을 증가하였을 경우 원활한 주기 메시지 처리를 확인할 수 있었다.

이상의 시뮬레이션 결과에서 20% 이하의 낮은 트래픽에서는 두 프로토콜 모두 효율적으로 동작함을 확인할 수 있었으며, 일반적으로 Profibus는 비주기적 메시지 처리에 적합하고, FIP는 주기적 긴급 메시지 처리에 적합하다는 프로토콜의 정성적 평가와 일치함을 보였다.

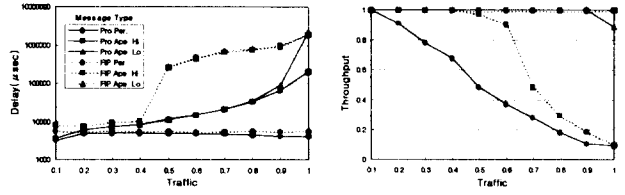


그림 10. 시나리오 3에서의 전송지연과 처리율 비교  
Fig. 10 Comparison of Delay and Throughput in Scenario 3

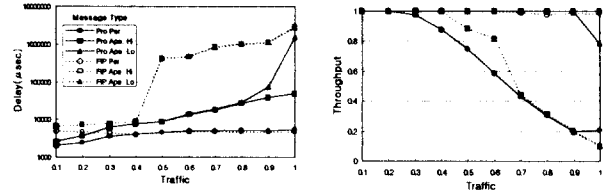


그림 11. 시나리오 4에서의 전송지연과 처리율 비교  
Fig. 11 Comparison of Delay and Throughput in Scenario 4

## 5. 결 론

본 논문에서는 메시지량은 적으나 잦은 빈도와 전송지연에 대해 민감한 메시지들이 발생하는 생산시스템의 하위계층에 적합한 필드버스 중에서 가장 널리 응용되는 있는 프로토콜 중의 하나인 Profibus와 FIP의 프로토콜을 정성적으로 분석하였으며, 가상적인 공장 시나리오를 구성하고, 이를 이용하여 시뮬레이션을 실시하여 정량적인 평가를 수행하였다.

시뮬레이션 결과 Profibus는 비주기 긴급 메시지 전송에는 적합하지만, 주기 메시지 처리에는 비효율적이며, FIP는 주기 메시지 전송에는 적합하지만, 긴급 메시지 처리에는 비효율임을 보였다. 또한, Profibus와 FIP는 높은 트래픽의 주기 및 비주기 메시지가 공존하는 공장 환경에서 효율적으로 동작하지 않는 것으로 평가되며, 필드버스의 특성을 완전히 구현한, 즉 주기 메시지와 비주기 메시지를 동시에 처리할 수 있는 프로토콜에 대한 연구가 필요함을 확인할 수 있었다.

향후 과제로는 국제 표준으로 제안되고 있는 IEC/ISA 필드버스, 북미에서 제안되고 있는 Fieldbus Foundation과 유럽에서 널리 사용되고 있는 Interbus 등에 대한 시뮬레이션을 실시하여, 성능을 평가하여야 한다.

## 참고문헌

- [1] A. Valenzano, et. al. "MAP and TOP Communications: Standards and Applications", Addison Wesley, 1992
- [2] Club FIP, "FIP Club Functional Specifications"
- [3] J.T.O' Rourke, "Case for Computer Integrated Manufacturing", Keynote Address, NSF Workshop on Computer Networking for Manufacturing Systems, 1987
- [4] Profibus Trade Org., "DIN 19 245 Profibus Standard : Part 1", PTO, 1993
- [5] 박홍성, 권옥현, "산업용 네트워크와 그 응용", 제어·자동화·시스템공학회지 제 2권, 제 4호, 1996, 7.