

Ethernet 기반의 필드버스 프로토콜의 적용 및 성능분석

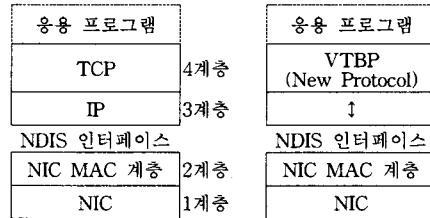
\*조 지용, \*곽 귀일, \*이 진기, \*\*강 성철  
\*전력연구원 전력계통연구실 정보통신그룹, \*\*한전 제주지사

Adaptation and Performance Analysis of Fieldbus Protocol based on Ethernet

\*Ji-Yong Cho, \*Kwi-Yil Gwak, \*Jin-Kee Lee, \*\*Sung-Chul Kang  
\*KEPRI, Power System Lab, Computer and Communications Group, \*\*KEPCO, Cheju Branch

**Abstract** - 필드버스 통신망 기술은 현장 계기를 연결하는 제어자동화용 실시간 통신망 기술로서, 디지털, 양방향, 멀티드롭, 직렬버스 특성을 가진다. 국내의 발전소 또는 공장 등에 일부 도입되고 있는 필드버스는 그 시스템과 소프트웨어가 외국 특정 업체의 독자적인 제품들이어서, 고가이며, 유지보수에 벤티다 종속성이 크다. 본 논문에서는 상기의 문제점을 해결하기 위해서 가격이 저렴하고 호환성이 뛰어난 개방형 표준 통신카드와 PC를 기반으로 설계한 필드버스 통신 프로토콜을 간략히 소개하고, 이 프로토콜을 실제로 국내 B화력 발전소 시뮬레이터 입출력 인터페이스 시스템(IOIS:Input Output Interface System)에 적용한 사례의 성능 분석을 제시한다.

VTBP는 효율적인 실시간 서비스를 제공하기 위해서 TCP/IP의 4계층 통신 구조에 비해 slim화된 3계층 구조로 되어 있다.



(a) TCP/IP 통신구조 (b) VTBP 구조

그림 1. 통신망 프로토콜 구조 비교도

1. 서 론

1980년대 후반부터 생산 현장에 설치된 각종 제어 및 자동화 관련 장비들에서 생성되는 데이터들의 실시간 통신을 지원하며 가격이 저렴한 네트워크 시스템의 필요성이 제기되었다. 이러한 목적을 위하여 개발된 네트워크 시스템이 필드버스이다. 필드버스는 양방향 디지털 통신이 가능한 필드기기와 자동화 기기들간의 통신 네트워크, 즉 현장의 다양한 형태의 디지털 기기들로부터 상위의 제어기로 연결되는 복수의 통신선을 LAN (Local Area Network)과 같은 디지털 버스 형태의 단일 통신선으로 대체한 제어 자동화용 통신망으로, 첨단인 생산 자동화 및 분산제어 시스템의 네트워크 구조상 가장 기본이 되는 네트워크이다. 필드버스는 실시간 서비스를 효과적으로 지원하기 위해 3계층의 간략한 통신구조를 가지고 있다. 필드버스의 장점으로는, 배선의 간소화로 인한 초기 설치비용이 감소하고 간단한 구성 및 추가, 확장이 용이하여 유지보수 비용이 감소하며 디지털화되어 성능 향상을 기할 수 있다. 단점으로는 케이블 단선으로 인한 파급영향이 크다. 국내의 일부 발전소 및 공장 등에 도입되고 있는 필드버스는 국제 표준화의 부재속에 각 벤더들이 고유의 모델을 주장하고 있어 가격이 비싸고, 한 번 설치하면 비호환성에 의해 유지 보수가 곤란하고 기술적으로 공급업체에 의존하게 되는 문제가 있다. 본 논문에서는 상기의 문제점을 해결하기 위해서 가격이 저렴하고 호환성이 뛰어난 표준 Ethernet통신카드와 PC를 기반으로 설계한 필드버스를 소개한다. 제 2장에서는 개발한 필드버스 프로토콜(VTBP: Virtual Terminal Box Protocol) 구조와 기능을 설명하고, 제 3장에서, VTBP를 적용한 국내 B화력 발전소의 시뮬레이터 입출력 인터페이스 시스템을 소개한다. 4장에서는 VTBP가 적용된 입출력 인터페이스 시스템에서 VTBP의 성능을 측정된 결과를 분석하고, 5장에서 결론을 기술한다.

2. 필드버스 통신 프로토콜(VTBP)

2.1 VTBP 구조

가. 제 1, 2계층 (물리 계층 및 데이터 링크 계층)  
이더넷 카드의 규격, 특성을 그대로 승계한다. 1, 2계층과 상위계층과의 인터페이스는 산업계의 표준으로 인정된 Microsoft 표준인 NDIS(Network Driver Interface Specification)을 사용한다.  
나. 제 3계층 (VTBP 계층)  
하부의 이더넷의 넓은 전송 대역폭과 데이터 프레임의 긴 길이의 장점을 제어 데이터의 송수신에 효과적으로 이용하도록 고안되었다. 특히, 이더넷이 가진 CSMA/CD 프로토콜의 충돌 문제를 해결하도록 개발되었다.

2.2 VTBP 기능

VTBP는 표준 LAN 카드위에서 현장의 고속·대용량 I/O 포인트 제어신호에 대한 실시간 통신 서비스를 제공하며, 주요한 기능은 다음과 같다.  
가. VTBP(Virtual Terminal Box) 제공  
가상 터미널 박스(VTB)란 현장의 터미널 박스를 컴퓨터 메모리 안에 모델링한 객체로서, 응용 프로그램과 VTBP간의 공유된 메모리이다. 이 VTB안에는 Plant에 존재하는 물리적인 I/O 포인트들을 논리적으로 내장하고 있다. 제어 데이터를 전달하고자 하는 응용 프로그램에서는 이 VTB의 포인터를 이용하여 데이터를 저장하면, VTBP는 수신측의 VTBP에게 이 VTB를 전송한다. 그러면, 수신측의 응용 프로그램은 VTB를 액세스하여 데이터를 사용한다.

나. 확장 매체접근 제어

이더넷은 MAC(Medium Access Control) 프로토콜로서 CSMA/CD를 가지고 있다. 이 CSMA/CD 프로토콜은 잠재적으로 다중 노드의 매체 접근시 상호 충돌이 있음을 허용하고 있어, 실시간 통신에 큰 장애가 된다. 그러므로 VTBP에서는 전송 매체의 접근 순서를 제어하는 특정의 노드(마스터 노드)를 지정하여 각 서브 노드를 물리하여 전송 매체 접근권한을 부여함으로써 각 노드들

의 매체 접근시 충돌을 제거한다.

### 다. 고속 블록버퍼 전송

표준 LAN 카드는 1500Byte 내외의 긴 데이터 프레임 길이를 갖는다. 그에 반해 제어 신호 정보는 1bit로 표현될 수 있는 디지털 On, Off 신호와 2Byte로 표현될 수 있는 아날로그 신호로 구성된다. 그러므로, VTBP에서는 이더넷의 긴 프레임 길이와 넓은 전송 대역폭을 이용하여, 각 제어 데이터를 긴 프레임 위에 블록화시켜, 블록 데이터를 모든 노드와 상호 전송 교환하도록 되어 있다.

### 3. VTBP의 적용 : 시뮬레이터 IOIS

VTBP 프로토콜을 탑재하여 국내 B화력 발전소에서 운전 시험중인 시뮬레이터 IOIS란 발전소 모의 중앙제어실(판넬)에 있는 수천 개의 계기 입력 신호들을 분산된 컴퓨터를 통하여 수집한 후에, 고가의 발전 설비들이 모델링되어 있는 시뮬레이션 컴퓨터로 송신하면, 시뮬레이션 컴퓨터는 그 입력 신호들을 시뮬레이션한 후, 분산된 컴퓨터로 계기 출력 신호를 송신하여, 그 컴퓨터로 하여금 계기들의 출력을 지시하게 하는 실시간 통신 및 입출력 시스템이다.

#### 3.1 요구 전송주기

시뮬레이터 IOIS는 디지털이나 아날로그 신호 모두 포함하여 약 3,500여개에 달하는 입출력 신호를 처리한다. B화력 시뮬레이터에서 요청된 전체 입출력 포인트의 스캔 주기는 1초에 12번, 약 83ms이다.

#### 3.2 시뮬레이터 IOIS 구조

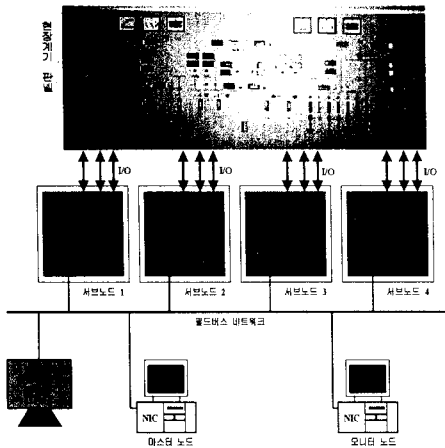


그림 2. 시뮬레이터 IOIS 구조

#### ○ 필드버스 네트워크

3계층의 통신 프로토콜 구조를 갖으며, 실시간으로 다양한 현장계기들에 대한 정보를 전송한다.

#### ○ 마스터 노드

각 노드들간의 통신을 관장하는 노드로서, 전송매체의 접근 순서를 제어한다.

#### ○ 모니터 노드

각 노드 간의 통신을 모니터링 하여 각 노드의 이상유무를 판별하는 기능을 수행한다.

#### ○ 서브 노드

현장계기 판넬의 입출력 포인트들을 담당하는 노드이며 입출력 카드를 통해서 판넬의 계기 상태들을 읽어들이어서 통신망에 전달하고, 또한, 통신망에서 수신한 신호들을 판넬의 계기들에 출력하여 계기들로 하여금 지시치나 상태치등을 지시하게 한다.

#### ○ 시뮬레이션 컴퓨터

시뮬레이션 모델들과 알고리즘을 가지고 있다. 필드버스 네트워크를 통해 서브 노드들로부터 디지털 입력신호에 관한 정보를 얻고, 시뮬레이션된 디지털, 아날로그 및 릴레이 출력에 관한 정보를 서브 노드들이 받을 수 있도록 필드버스 네트워크에 보낸다.

### 4. 성능 분석

실제 국내 B화력 발전소에서 운전 시험중인 시뮬레이터의 IOIS에서 VTBP 프로토콜을 적용하여, 발생하는 입출력 신호들의 트래픽을 약 30여분간 측정기를 통하여 측정된 결과를 근거로 하여 개발된 VTBP의 성능분석을 설명한다.

#### ① Error/Collision Rate 분석

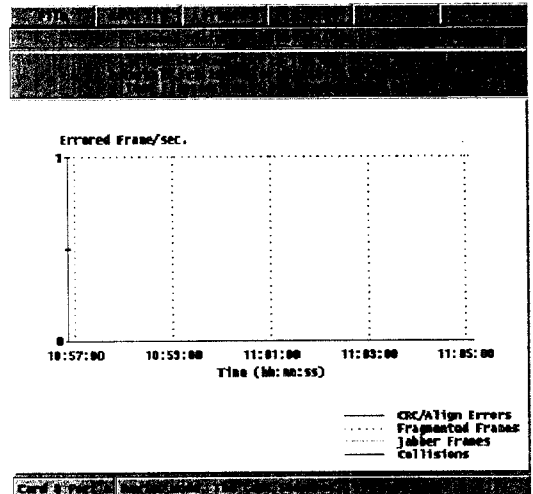


그림 3. Error/Collision Rate 분석 그래프

▶ 정상 운전 중에 CRC 에러, 프레임 길이상의 에러, 통신망상의 충돌(Collision)등이 전혀 나타나지 않아 실시간 통신에 기여하고 있음을 알 수 있다.

#### ② Frame Rate 분석

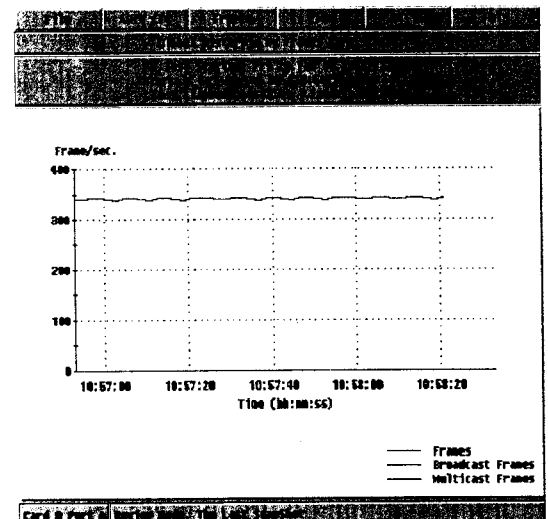


그림 4. 프레임 Rate 분석 그래프

▶ 부하나 시간에 관계없이 일정한 수(342개/sec)의 프레임 전송을 전달하고 있음을 알 수 있다. 이는 VTBP층이 부하 변동과 관계없이 언제나 동일한 시간주기로 실시간 통신을 수행하고 있음을 의미한다.

▶ 위의 프레임 전송하는 노드는 모두 6개 노드이다. 마스터 노드, 각 서브노드 4개, 그리고 시뮬레이션 노드가 그들이며, 이들이 모두 자신의 데이터를 송수신 하는 1 주기까지의 프레임 수는 14개로 설계되어 있다. 그러므로 위 그래프 상의 초당 342개 프레임은, 1주기의 프레임수가 14개임을 감안하면, "초당 주기 수" =  $342/14 = \text{약}24.4\text{회}$ , 그러므로 전송 주기는  $1/24.4 = \text{약}41\text{ms}$ 임을 알 수 있다. 이는 요구조건이었던 전송 주기 83ms를 두배 이상 만족시키고 있다.

③ Network 이용률 분석

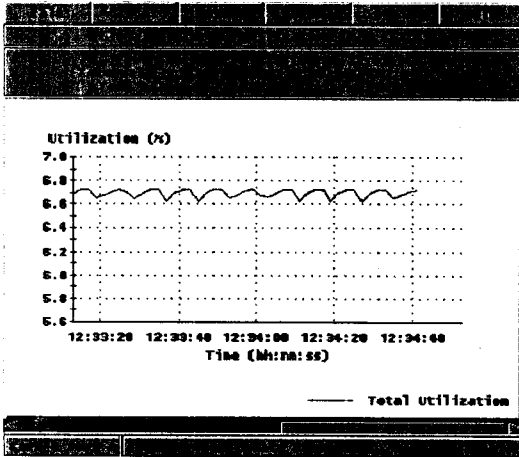


그림 5. 통신망 이용률 분석 그래프

▶ 통신망 이용률은 약 6.7%로 일정함을 보이고 있다. 6.7%란, 10Mbps(=10,000Kbps)대역폭중 670Kbps 정도만을 사용하고 있어 전송 대역폭에 아주 넓은 여유를 갖고 있음을 의미하며, 자연이나 분실없이 즉각적 서비스가 가능함을 시사한다.

④ 송수신지 주소지에 따른 프레임 분석

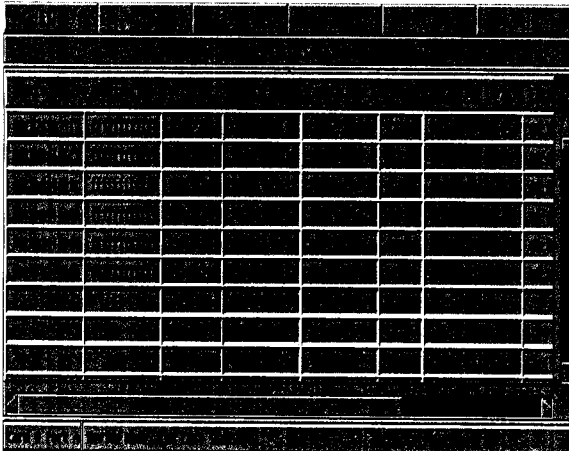


그림 6. 송수신 주소에 따른 프레임 분석 그래프

▶ 송신지 주소에 마스터 노드, 4개의 서브노드, 그리고 시뮬레이션 컴퓨터등 모두 6개의 주소가 나타나 있다 (LAN 카드 주소임). 수신지는 모두 Broadcasting-

로 처리되어 모든 노드가 필요한 자료를 받아들 수 있음을 알 수 있다. 프레임 길이 및 프레임 수를 볼 때 첫 번째가 마스터노드, 다음 4개가 서브노드, 마지막이 시뮬레이션 노드이다. 최대 길이와 최소 길이가 같은 것은 이 프로토콜이 고정된 길이(Fixed Length)의 프레임 길이를 사용하는 것을 시사해 주는데, 고정된 길이는 컴퓨터의 처리속도를 높이는 효과가 있다. 프레임 수에서 시뮬레이션 노드의 프레임 수는 각 서브노드 프레임 수의 합과 같다. 이는 시뮬레이션 노드가, 각 서브노드의 송신 자료를 수신 받으면서, 각 서브노드 모두에게 그 결과 자료를 송신해 주기 때문이다. 에러는 하나도 나타나지 않는다.

⑤ 기타 네트워크 분석 요약 List

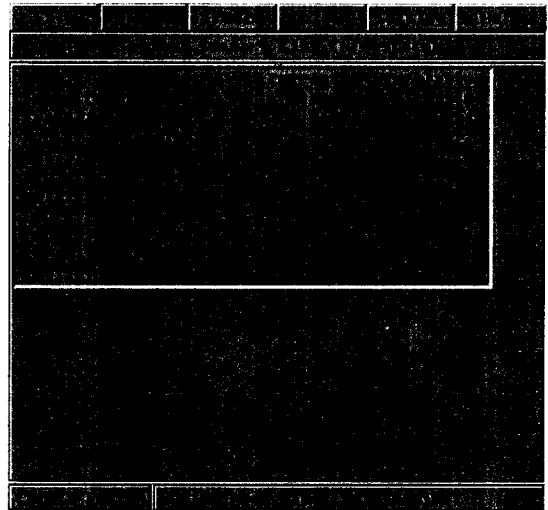


그림 7. 전체 Network 분석 요약 List

▶ 앞의 분석자료들을 통합적으로 나타내고 있는 표이다. 측정 시간이었던 30분동안의 누적 집계를 효과적으로 보여주고 있으며, 그 결과는 앞에 설명한 것과 동일하다.

5. 결 론

본 논문에서는 제어 자동화용 실시간 통신망 기술인 필드버스의 현황과 국내에 일부 도입되고 있는 필드버스 시스템과 소프트웨어의 문제점을 살펴보고, 그 문제점을 해결하기 위해서 가격이 저렴하고 호환성이 뛰어난 개방형 표준 통신카드와 PC를 기반으로 설계한 필드버스 통신 프로토콜인 VTBP를 소개하였다. 또한, 실제로 VTBP를 적용한 국내 발전소 시뮬레이터 IOIS의 소개와 더불어 IOIS에서 발생하는 수천개의 입출력 신호들의 트래픽에 대한 VTBP의 성능분석을 제시하였다. 제시한 결과로 VTBP는 시뮬레이터 IOIS의 요구 전송주기를 충분히 만족하였다는 것을 증명하였다. 따라서, VTBP는 발전소 시뮬레이터 IOIS의 통신망으로 많이 적용될 가능성을 가지고 있으며, 향후 연구방향으로는 1만개 이상의 입출력 포인트들의 신호를 실시간 처리하는 제어 자동화 분야에 VTBP를 확대 적용할 계획이다.

(참 고 문 헌)

- [1] 변승현, 장태인, 조지용, 광귀일, "발전소 시뮬레이터 I/O 인터페이스 시스템 구축에 관한 연구", 대한전공학회 하계 학술대회논문집, p.p 773-776, 99.6
- [2] K.Y. Gwak 외 3, "A Development of Fieldbus Network for Power Plant Simulator", ICEE vol 2, p.p 421-424, 1988
- [3] Philippe, Letterrier, "The FIP Protocol", Centre de Competence FIP