

# 이종 제어 네트워크를 위한 모니터링 소프트웨어의 설계 및 구현

## Design and Implementation of Monitoring Software for Heterogeneous Control Network

허종만\*, 하재열\*, 김남훈\*, 전요셉\*, 이감록\*, 정범진\*\*, 권옥현\*\*\*

Jongman Heo, Jae Yeol Ha, Namhoon Kim, Joseph Jeon, Kamrok Lee, Bum Jin Chung, Wook Hyun Kwon

**Abstract** - XCP (eXtensive Control Protocol) is an information oriented protocol which delivers information with high reliability according to the predefined rule. XCP network system can be implemented on top of several physical layer such as power line, IEEE 802.15.4 and so on. In this paper, a monitoring software that evaluates the reliability and performance of the XCP network is designed and implemented. This paper presents the structure and method of the packet monitoring in the network through several interfaces such as RS-232, ethernet.

**Key Words** : 이종 제어 네트워크, XCP, 모니터링 소프트웨어

### 1. 장 서론

네트워크 제어 시스템 (Networked Control system: NCS)은 센서, 구동기, 제어기, 통신 네트워크 등의 통합 시스템으로 근거리 통신 네트워크를 통하여 하나 또는 여러 개의 제어 루프를 갖추고 있다 [1]. 네트워크 제어 시스템은 시스템 전체의 가격 및 전력 소모를 줄이고 설치 및 유지를 더 용이하게 함과 동시에 기존 제어 네트워크 시스템에 비해서 높은 안정성과 유연성을 제공하는 장점이 있다 [2]. 네트워크 제어 시스템은 생산 공장, 공조 시스템 제어, 차량 제어 및 여러 산업 분야에 광범위하게 사용되고 있다. 네트워크 제어 시스템 내에서 제어 기기들이 정보와 제어 신호를 주고받기 위해서 여러 통신 프로토콜들이 제안되었다. 제안된 통신 프로토콜에는 CAN (controller area network), BACNet (building automation and control networks), Lonworks, Fieldbus 등이 있다.

eXtensive Control Protocol (XCP)은 네트워크 제어를 위해 제안된 새로운 제어 프로토콜이다 [3]. XCP는 계층 및 패킷 기반의 규약이며 전력선 외에도 twisted pair, IrDA 및 무선(RF, IEEE 802.15.4) 등의 물리 계층을 지원할 수 있도록 설계되었다. XCP는 LonWorks[4]와 유사하게, 미리 정의된 규칙에 따라 한 기기로부터 다른 기기들로 정보를 전달하는 정보 지향 프로토콜이다. XCP는 빌딩/공장 자동화 및 홈 네트워킹, 자동 미터기 검침(AMR), 보안 센서 네트워크 등에

광범위하게 적용 가능한 유연성을 가지고 있다.

구현된 XCP 네트워크 시스템의 안정성과 성능을 평가하기 위해서는 네트워크의 상황을 파악하고 진단할 수 있는 소프트웨어 플랫폼이 필수적인 요소라 할 수 있다. 본 논문에서는 XCP 프로토콜이 탑재된 기기들로 구성된 제어 네트워크 환경에서 각 기기들의 통신 상황을 모니터링하고 분석할 수 있는 모니터링 소프트웨어인 XCP Network Analyzer (XNA)를 설계하고 구현하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 XCP 프로토콜에 대한 기본 개요를 설명하고 3장에서 XCP Network Analyzer의 설계 및 구현 방법에 대해 구체적으로 논의한 후 결론을 맺는다.

### 2. 장 XCP 개요

XCP는 세션 계층 및 표현 계층을 제외하면 OSI 모델에 부합하도록 정의되었다. 그림 1에서 보듯이 물리 계층, 데이터 링크 계층, 네트워크 계층, 전송 계층, 응용 계층으로 분류가 가능하다. 물리 계층에서는 전력선, twisted pair, IrDA와 무선(RF, IEEE 802.15.4) 등의 여러 매체를 사용하는 것이 가능하도록 확장성을 제공한다. 데이터 링크 계층에서는 RTS/CTS 기반의 CSMA/CA 방법을 사용하여 충돌 확률을 줄인다. 또한 ARQ (automatic repeat request), CRC 등의 방법이 통신 안정성을 향상시키기 위해 채택되었다. 네트워크 계층에서는 기존의 flooding이나 shortest path 알고리즘을 상황에 따라 동적으로 적용하는 스마트 라우팅 기법을 사용하여 기존 라우팅 방법에 비해 개선된 성능을 제공한다. 전송 계층에서는 주어진 연결에 대해서 요구/응답 패킷을 처리하고 트랜잭션 제어 기능을

#### 저자 소개

\* 허종만, 하재열, 김남훈, 전요셉, 이감록 : 서울대학교 전기컴퓨터공학부 박사과정

\*\* 정범진: (주)젤라인 상무

\*\*\* 권옥현: 서울대학교 전기컴퓨터공학부 정교수

수행한다. 마지막 응용 계층에서는 여러 제조사 간의 기기가 상호 운용 가능하도록 네트워크 변수(network variable:NV)라는 개념을 정의하여 네트워크 변수가 갱신됨에 따라서 표준화된 변수의 값이 네트워크를 통해 교환된다. 따라서 기존과 같이 단순한 명령 패킷을 주고받는 것이 아닌, 사전에 연결(NV Binding)된 네트워크 변수 사이에 특정 이벤트가 발생함에 따라 네트워크 통신이 자연스럽게 이루어지게 된다.

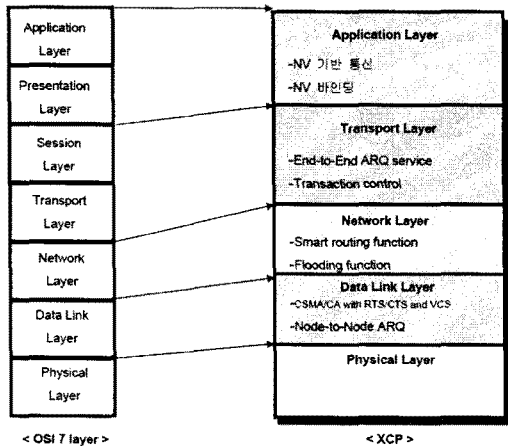


그림 1 XCP 계층 구조도

XCP에서 MAC 계층 이상의 상위 계층은 펌웨어 형태로 구현된다. MAC 계층과 다른 계층 사이의 논리적인 정보 및 명령 교환, 즉 상호작용은 그림 2에서와 같은 프리미티브(primitive) 형태로 표현된다. MD\_DATA\_req 프리미티브는 상위 계층의 패킷의 전송을 요청할 때 쓰이며, 목적지 ID, 데이터 패킷의 포인터 및 크기, 패킷의 우선순위, 전송 타입, 암호화 옵션 등의 파라미터를 넘겨준다. MD\_DATA\_ind 프리미티브는 상위 계층에 패킷이 도착했음을 알려주는 기능을 하며, 일련의 PD\_DATA 프리미티브들은 물리 계층과 MAC 계층 사이에서 사용된다.

Data Transmission Flow

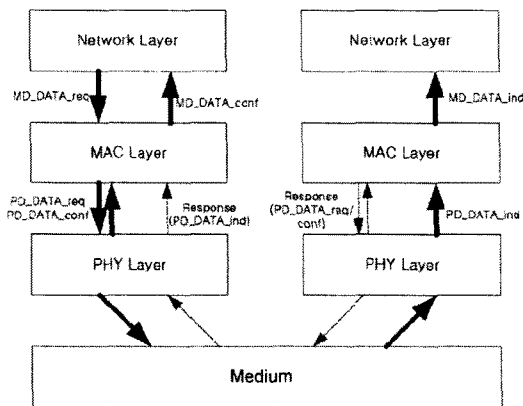


그림 2 XCP Primitives

### 3. 장 XCP Network Analyzer 구현

XCP network analyzer는 XCP 네트워크 상의 패킷을 분석하고 네트워크의 상황을 파악하는데 사용되는 네트워크 모니터링 소프트웨어이다. 기본적으로 패킷을 캡처하고 필터링하여 해석하는 기능을 가지고 있으며 사용자가 이해하기 편리한 화면으로 정보를 제공한다. XCP 네트워크 계층에서 전송 계층, 응용 계층에 이르는 패킷 내용을 분석할 수 있으며, 부가적으로 네트워크의 트래픽 상황, 통신 정보 통계 등을 제공한다.

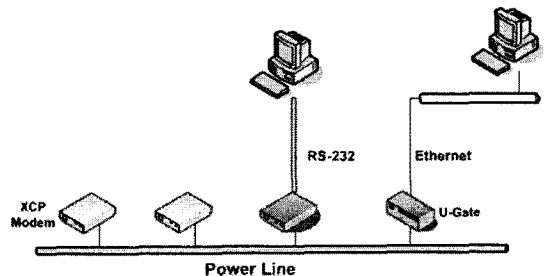


그림 3 XNA 구성 환경

XNA는 Microsoft Windows 기반의 PC에서 사용 가능하며, 그림 3과 같은 구성 환경에서 사용 가능하다. 로컬 환경에서 사용하기 위해서는 PC와 PLC 모델이 RS-232 인터페이스를 통해 연결되어 있어야 한다. 원격 환경에서도 전력선과 이더넷 인터페이스를 동시에 지원하는 U-Gate와 TCP 연결을 통하여 XCP 제어 네트워크의 모니터링이 가능하다.

XNA는 임의의 목적지 주소를 가진 패킷에 대하여 모두 수신을 해야 하기 때문에 네트워크 계층 이상의 데이터를 캡처한다. 따라서 물리 계층으로부터 MAC 계층으로 패킷이 도착했음을 알리는 PD\_DATA\_ind 프리미티브가 호출되면 대상 패킷의 목적지 주소와 무관하게 패킷을 상위 네트워크 계층으로 올려 보내주게 된다. 이러한 독립된 동작을 위하여 PC와 연결된 PLC 모델이나 U-Gate에는 모니터링 기능이 구현된 펌웨어를 사용하여 동작시켜야 한다.

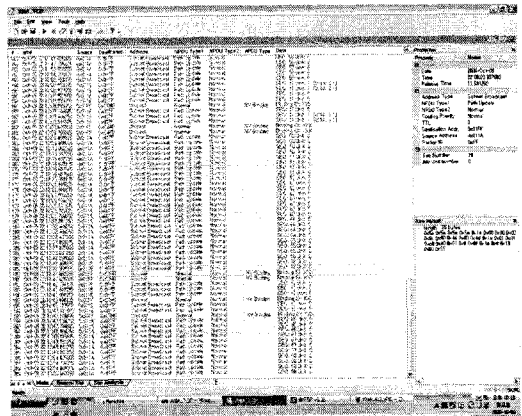


그림 4 XNA 기본 사용자 인터페이스

그림 4와 같이 XNA의 사용자 인터페이스의 기본 화면은 크게 두 부분으로 나뉜다. 화면상에서 좌측에는 각 프레임 필드별로 해석된 패킷의 내용을 구분하여 리스트 형태로 표시하고 있으며, 우측 부분은 패킷 세부 정보 및 raw 패킷 데이터를 상세하게 표시하고 있다. 기본 사용자 인터페이스 화면에서는 캡처된 패킷 정보를 볼 수 있는 것과 동시에 모니터링 로그 설정, 패킷 정보 실시간 업데이트, 자동 스크롤 등의 상세 정보를 설정할 수 있다.

XNA에서는 XCP 제어 네트워크의 상황을 분석하기 위해 통계 기능을 제공한다. 통신 통계 정보에서는 네트워크 전체의 패킷 전송량 (패킷 수, Bytes 단위), 패킷 종류별 분산, 크기에 따른 분산, 각 종류별 패킷 수 등의 정보를 볼 수 있다.

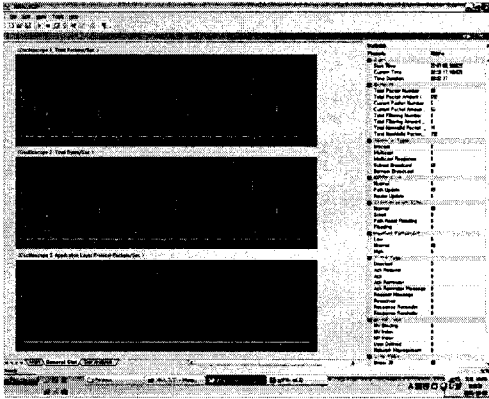


그림 5 XNA 통계화면

또한 그림 6과 같이 세부 필터링 조건을 설정하여 패킷 주소와 종류에 따라 패킷을 캡처할 수 있다.

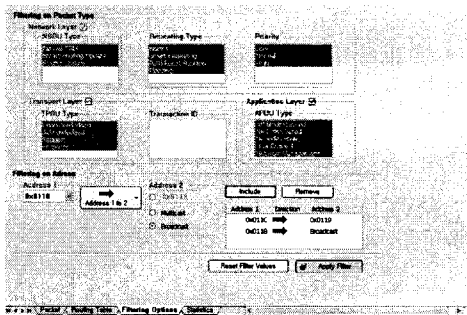


그림 6 XNA 패킷 필터링 설정

XCP 네트워크 시스템의 타당성 조사를 위해 그림 7과 같이 구현된 하드웨어로 테스트베드 시스템을 구성하고 검증하였다. 일련의 XCP 기기들이 조명제어시스템과 연결되어 사용됨을 볼 수 있다. XCP 기기 하드웨어가 형광등의 디지털 안정기의 PWM 부분과 연결되어 설정이 되어 있고, XNA를 통해서 네트워크 상의 라우팅 테이블 정보, 응용 패킷 정보 등이 제대로 전달됨을 확인할 수 있었다.

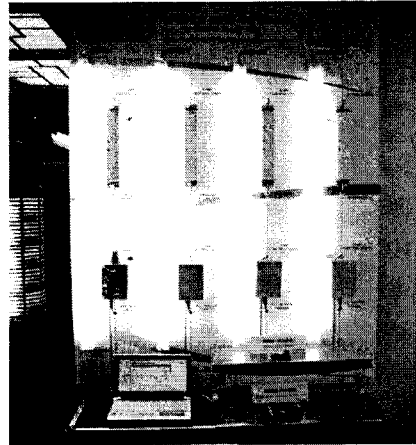


그림 7 XCP 네트워크 시스템 테스트베드

#### 4. 장 결론

XCP는 여러 산업분야에서 광범위하게 사용가능한 네트워크 제어 시스템을 위하여 제안된 통신 프로토콜이다. 본 논문에서는 빌딩/공장/홈/센서 네트워크 등에 적용가능하며 이중 제어 네트워크를 지원할 수 있는 XCP 프로토콜의 안정성 및 성능을 평가하기 위해 모니터링 소프트웨어 (XCP Network Analyzer)를 설계하고 구현하였다.

#### 감사의 글

본 논문의 연구를 위해 도움을 주신 젤파워에 감사드립니다.

#### 참고 문헌

- [1] R. S. Raji, "Smart networks for control," IEEE Spectrum, vol. 31, issue 6, pp. 49-55, Jun. 1994.
- [2] D. Nesic, and A. R. Teel, "Input-output stability properties of networked control systems," IEEE Transactions on Automatic Control, vol. 49, issue 10, pp. 1650-1667, Oct. 2004.
- [3] Jong Man Heo, Hyung Koo Kang, Woo Young Kim, Wook Hyun Kwon, "Design and Implementation of XCP Network System," Proceedings of the International Conference on Control, automation and Systems (ICCAS). pp.1581-1585, Jun. 2005
- [4] Echelon Co., "LonTalk Protocol Specification Version 3.0" 1994.