

## Konnex 와 LnCP 네트워크의 시뮬레이션 성능 평가

최병준\*, 하경남, 김현희(부산대 지능기계공학과 대학원), 이경창, 이석(부산대학교 기계공학부)

### Simulation Performance Evaluation of KNX and LnCP network

B. H. Choi, K. N. Ha, H. H. Kim(Sch. Mech. Eng., PNU), K. C. Lee, S. Lee(Sch. Mech. Eng., PNU)

#### ABSTRACT

Recently home network has been developed in the field of Information Technology. And there are many protocols for smart home, such as Lonworks, Echonet, KNX, LnCP etc. However, the performance evaluation has not been nearly known between the protocols. Hence, this paper evaluates the performance of KNX by Konnex Association and LnCP(Living network Control Protocol) by LG Electronics. We developed simulation model using flowchart of KNX and LnCP and simulation scenario through analysis of message to be generated in the home network. Furthermore, we evaluate simulation performance, such as mean transmission delay, maximum transmission delay, and collision rate of both protocols.

**Key Words** : home network(홈 네트워크), KNX(Konnex), LnCP(Living network Control Protocol), SIMAN, simulation model(시뮬레이션 모델), transmission delay(전송 지연), collision rate(충돌율)

#### 1. 서론

디지털 신호 처리 기술의 발전으로 인하여 백색 가전으로 불리 우던 냉장고나 세탁기 등이 점차 디지털화 되고, 가전용 운영 체제 기술과 고속 멀티미디어 통신 기술 등이 가전에 응용되고 있다. 이로 인하여, 새로운 형태의 정보 가전이 등장하고, 홈 네트워크 분야의 관심도가 높아지고 있다.

홈 네트워크는 가정 내에서 사용되는 정보 가전 기기들의 특성에 따라, 데이터 네트워크(data network), 엔터테인먼트 네트워크(entertainment network), 제어 네트워크(control network)로 구분할 수 있다. 특히, 제어 네트워크가 가전 기기 회사들을 중심으로 활발히 연구 개발되고 있으며, 국제적으로는 Lonwork, KNX, Echonet, LnCP 등의 프로토콜의 표준화 작업이 진행 중에 있다.

본 논문에서는 가정에서 제어용 프로토콜로 개발된 유럽표준의 KNX(Konnex)와 LG 전자에서 개발한 LnCP(Living network Control Protocol)의 성능을 메시지 특성에 따라 프로토콜의 성능을 평가하고, 두 프로토콜의 성능 변수가 각 프로토콜에 미치는 영향을 분석하였다[1][2].

본 논문은 5 장으로 구성되어 있다. 2 장에서는 KNX 와 LnCP 를 설명하며, 3 장에서는 가정에서 전송되는 데이터 유형에 대하여 분석하고, 이를 바탕

으로 시뮬레이션 모델을 개발하였다. 4 장에서는 시뮬레이션 모델을 기반으로 SIMAN 을 통한 시뮬레이션을 수행하였으며, 마지막으로 5 장에서는 본 논문의 결론을 서술하였다.

#### 2. KNX 와 LnCP

유럽 표준으로 제정된 KNX 는 물리 계층, 데이터 링크 계층, 네트워크 계층, 트랜스 포트 계층 그리고 응용 계층의 총 5 계층 구조로 구성되어 있으며, LG 전자에서 개발한 LnCP 는 물리 계층, 데이터 링크 계층, 네트워크 계층, 그리고 응용 계층의 총 4 계층 구조로 구성된다.

물리계층의 전송 매체로 KNX 는 2 종류의 트위스트 페어(twisted pair, TP0, TP1)와 전력선(powerline, PL110, PL132)을 지원하며, LnCP 는 RS-485, 소출력 RF, IEEE 802.11, ZigBee 그리고 전력선을 지원한다. 전송 속도는 전송 매체에 따라 조금씩 차이가 있으며, KNX 는 TP 의 종류에 따라, 4800 bps, 9600 bps 지원하며, 전력선도 종류에 따라, 1200 bps, 2400 bps 를 지원한다. LnCP 는 RS-485 의 경우는 디바이스의 성능에 따라 4800 bps, 9600 bps, 19200 bps 를 지원하며, 전력선의 경우에는 4800 bps 를 지원한다. 또한, 두 프로토콜 모두 peer-to-peer 와 마스터/슬레이브 통신 방식을 모두 지원하며, 토폴로지 구성은 두 프로토

콜 모두 버스, 링, 스타형 등 제약이 크게 없어, 자유롭게 구성이 가능하다.

데이터 링크 계층의 매체 접속 제어(MAC) 방식은 두 프로토콜 모두 자체적으로 개발한 충돌 회피 알고리즘을 사용하고 있다. KNX 는 트윈스트 페어를 사용할 경우, CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)를 사용하고, 전력선의 경우에는 CENELEC(유럽전자기술협회)의 표준을 따른다. 그에 반해, LnCP 의 경우에는 p-DCSMA(probabilistic Delayed Carrier Sense Multiple Access)를 사용한다.

메시지 길이는 KNX 의 경우, 15 byte ~ 255 byte 까지 확장이 가능하며, LnCP 는 최소 3 byte 에서 100 byte 까지 디바이스의 버퍼 크기에 맞추어 가변 길이로 조정 할 수 있다.

### 3. 가상 홈 네트워크 시나리오 및 시뮬레이션 모델 구성

#### 3.1 홈 네트워크에서 생성되는 메시지 분석

홈 네트워크에서 전송되고 수신되는 메시지는 사용자의 요구에 의해 디바이스들을 제어하기 위한 메시지, 네트워크에 구성되어 있는 디바이스들의 상태 정보 교환을 목적으로 하는 메시지, 또는 디바이스의 이벤트 발생 시 사용자에게 이를 알리는 메시지들이 있다. 이러한 메시지들은 대부분 시간적 제약에는 덜 민감하나, 이벤트 메시지와 같이 긴급한 처리를 요구하는 메시지의 경우에는 특정한 시간 한도 내에 전송되어야 한다.

따라서, 홈 네트워크 생성되는 메시지들은 다음과 같은 3 가지 종류로 분류할 수 있다. 첫 번째, 사용자가 특정한 목적을 가지고 홈 네트워크 내의 디바이스로 전송하는 비주기적인 메시지이다. 이러한 메시지들은 대부분 사용자의 요구를 처리하고, 응답 메시지를 전송하게 된다. 두 번째 메시지는 디바이스의 상태 정보를 알리는 주기 메시지이다. 이러한 경우는 대부분 응답이 필요 없는 단순 통지(notification) 메시지이다. 끝으로, 긴급한 비주기적인 이벤트 메시지이다. 이벤트 메시지는 네트워크 내의 디바이스의 상태가 갑자기 변하거나, 문제가 생겼을 경우에 전송하는 메시지로, 특정한 한도 내에 빠르게 전송이 이루어 져야 한다.

#### 3.2 KNX 시뮬레이션 모델

KNX 의 MAC 방식은 CSMA/CA 알고리즘이다. KNX 에서 사용된 CSMA/CA 알고리즘은 일정한 충돌 감지 시간 동안에 충돌을 감지하여 충돌이 발생하면, 우선순위가 높은 메시지가 우선적으로 전송되는 알고리즘이다.

KNX 시뮬레이션 모델에서는 메시지가 생성되

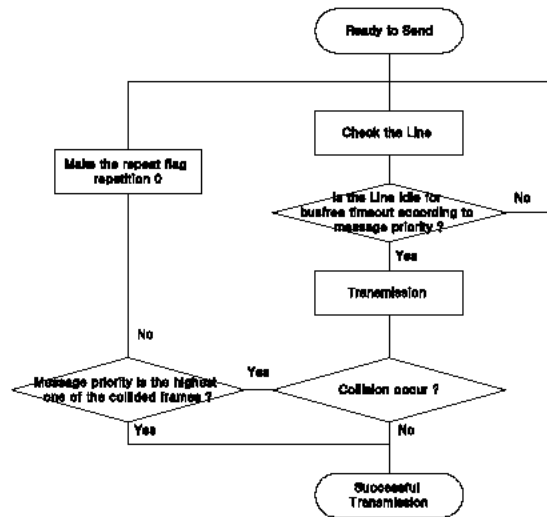


Fig. 1 Flow Chart of KNX Simulation

면, 메시지 생성 시간을 기록하고, 전송 매체의 상태를 확인한다. 만약, 매체가 사용 중이지 않다면, 메시지의 우선순위에 따라 다르게 설정되어진 BFT(Bus Free Time) 시간 동안 다시 전송 매체가 유희한지 검사한다. BFT 동안 전송 매체가 유희하다면, 메시지를 전송한다. 만약 BFT 이후, 여러 디바이스들이 동시에 전송을 시도 할수도 있다. 이런 경우, 메시지 프레임의 제어 필드를 비교하여, 우선순위가 높은 메시지만 전송이 된다. 만약 우선 순위 같다면, 재전송 플래그(repeat flag)가 0 인 메시지가 전송된다. 제어 필드는 메시지의 우선 순위와 충돌시 송신하지 못한 경우 바뀌는 재전송 플래그 값으로 구성된다. 만약 제어 필드의 값이 같다면, 송신지 주소의 번지가 비트 단위로 비교하여 값이 적은 메시지가 먼저 송신된다.

KNX 는 응답을 요구하는 confirmed 서비스와 응답이 필요 없는 unconfirmed 서비스로 구성된다.본 시뮬레이션에서는 confirmed 메시지와 unconfirmed 메시지를 사용하였다.

충돌을 감지하는 시간은 1 비트 타임으로 설정하여 그 시간 안에 들어오는 메시지들은 모두 충돌이 발생한 것으로 가정 했으며, 메시지 프레임의 전송 중 충돌은 없다고 가정했다. 그림 1 은 KNX 의 시뮬레이션 모델을 흐름도(flowchart)로 나타낸 것이다.

#### 3.3 LnCP 시뮬레이션 모델

LnCP 의 MAC 방식은 p-DCSMA 알고리즘이다. 이 방식은 재전송 회수에 따라  $W_c$  의 Window-Shift 값을 조정하고 이 값에 따라, 전송 지연 시간(Random Delay Time, RDT) 값을 재설정하여 충돌을 회피하는 알고리즘이다.

시뮬레이션 모델의 디바이스는 마스터 디바이스와 슬레이브 디바이스로 구분하여 설정하였다. LnCP 시뮬레이션 모델에서는 메시지가 생성되면, 메시지 생성 시간을 기록하고, BCT(BusyCheckTime) 동안 지속적으로 전송 매체의 상태를 확인하여 매체가 사용중이라면 계속해서 전송 매체의 상태 확인 절차를 반복한다. 만약 매체가 유휴하다면, 메시지의 우선 순위(SvcPriority)에 따라 경쟁 윈도우의 크기(Wc)를 결정하고, Wc 범위에서 균일 분포로 RDT 값을 생성한다. 또 다시, RDT 시간동안 전송 매체의 상태를 확인하여, 전송 매체에서 프레임이 감지되면 p-DCSMA 알고리즘을 재시도한다. 만약 RDT 시간동안 전송 매체가 사용 중이지 않으면 메시지를 전송한다. 한 바이트를 전송할 때마다 송신된 바이트와 수신된 바이트를 비교하여 두 값이 동일하지 않으면, 충돌이 발생하였다고 판단하고 p-DCSMA 알고리즘을 재시도한다. p-DCSMA 알고리즘이 재시도되는 경우, Wc는 우선 순위에 따라 WindowShift를 조정하여 재전송한다.

메시지 전송을 위한 통신 싸이클은 4 종류가 존재한다. 하지만, 본 논문에서 개발된 시뮬레이션 모델에서는 요청 메시지(1-request, 1-response)와 통지 메시지(1-notification)의 경우만 모델링 하였다. 또한, 메시지 프레임 전송 시작과 동시에 발생하는 충돌을 제외하고, 전송 중 충돌은 없다고 가정하였다.

그림 2는 LnCP의 시뮬레이션 모델을 흐름도(flowchart)를 나타낸 것이다

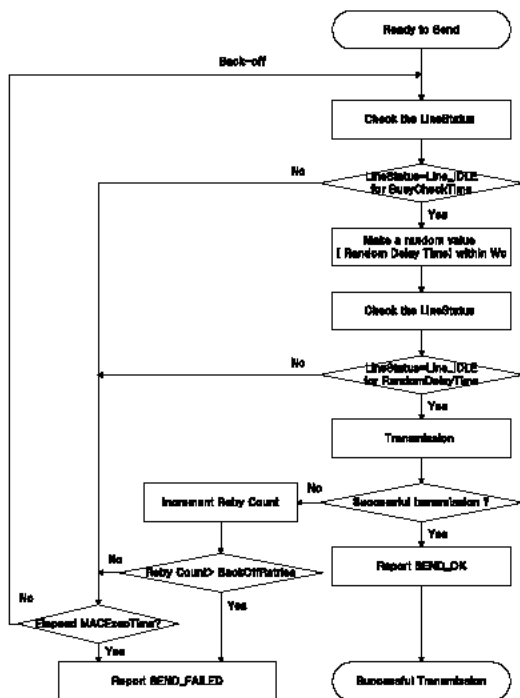


Fig. 2 Flow Chart of LnCP Simulation

## 4. 시뮬레이션을 통한 성능 평가

### 4.1 시뮬레이션 모델의 가정

KNX와 LnCP의 시뮬레이션을 위한 모델은 각 프로토콜에서 도시되고 있는 데이터 링크 계층의 흐름도(flowchart)를 근거로, SIMAN Ver 7.0을 이용하여, 다음과 같은 몇 가지 가정을 바탕으로 개발하였다.

- 각 계층과의 인터페이스(interface)에 의한 지연은 무시한다.
- 두 프로토콜의 전송속도는 9600 bps로 가정한다.
- 하드웨어에 의한 처리 시간은 통신 이론에서 주로 사용하는 1 비트 타임(bit-time)을 사용하여 동일한 것으로 가정하며, 하드웨어에 의한 전송 지연 차이는 없는 것으로 가정한다.
- 두 프로토콜 모두 케이블, 네트워크 카드, 응용 프로그램에서의 에러는 없는 것으로 가정한다.

### 4.2 시뮬레이션을 이용한 성능 평가

본 시뮬레이션에서는 디바이스 수에 생성된 메시지의 전송 특성과 충돌률이 어떻게 변화하는지를 알아보고자 한다. 4.1의 가정들을 바탕으로, 성능을 평가하기 위한 시뮬레이션 조건을 다음과 같다.

- 마스터와 슬레이브 스테이션을 고정하여 각각 요청/응답(request/response) 메시지 및 통지(notification) 메시지만을 발생시키고 스테이션 수를 20개부터 100개까지 증가시켰다.
- 메시지의 길이는 요구 메시지는 10 byte, 응답 메시지는 1 byte, 통지 메시지의 경우는 7 byte로 고정시켰다.
- 메시지 발생 주기는 마스터에서는 60초의 평균을 가지는 지수 분포로, 슬레이브의 경우 각 스테이션에서 평균 60초 지수 분포 및 600초의 주기적 메시지를 동시에 두 개씩 발생시켰다.

네트워크 성능 평가 항목은 평균 전송 지연 시간(mean transmission delay), 최대 전송 지연 시간(max transmission delay), 충돌률(collision rate)을 사용했다.

#### 4.2.1 시뮬레이션 결과 분석

그림 3은 KNX와 LnCP의 통지(notification) 메시지의 평균 전송 지연을 나타낸 것이다. KNX는 30 msec 정도의 지연을 나타내며, 메시지 우선 순위가 크게 영향을 받지 않았다. LnCP의 높은 우선 순위 메시지의 경우, KNX와 크게 차이가 없었으나, 낮은 우선 순위 메시지의 전송 지연은 최대 20 msec의 차이가 발생함을 알 수 있었다. 요구 메시지의 경우에서도, KNX의 전송 지연이 작게 나타났

다.

그림 5, 6은 통지/요청 메시지의 최대 전송 지연을 나타낸다. 통지 메시지의 경우, 높은 우선 순위 메시지는 KNX와 LnCP 모두 50 msec 정도의 전송 지연이 발생하였다. 그러나, 트래픽이 증가 할수록 LnCP의 낮은 우선 순위 메시지의 성능이 현저하게 나빠짐을 알 수 있었다. 요청 메시지의 경우, LnCP의 최대 전송은 KNX에 비하여 2 배에 가까운 전송 지연이 발생하였다.

### 5. 결론

본 논문에서는 KNX와 LnCP의 시뮬레이션 모델을 가정 환경에서 발생할 수 있는 시나리오를 바탕으로 개발하였으며, 이러한 시나리오를 기반으로 하여 시뮬레이션 성능 평가를 수행하였다.

홈 네트워크의 실시간 요구 조건(real-time requirement)은 산업용 네트워크 보다는 덜 엄격한 1 sec 내외로 볼 수 있다. KNX와 LnCP의 시뮬레이션 결과에서 보여지듯이, 평균 전송 지연과 최대 전송 지연은 모두 홈 네트워크에서 요구하는 1 sec 내로 전송이 이루어짐을 알 수 있었다. 그러나, 전송 지연의 성능적 측면에서 볼 때, KNX가 LnCP보다 우수한 전송 지연을 가짐을 알 수 있었다. 이러한

결과는 KNX에 비하여 LnCP는 RDT 동안 더 전송 매체를 확인하기 때문이라고 볼 수 있고, 이러한 RDT로 인하여, LnCP는 KNX보다 충돌율은 훨씬 작게 나타남을 알 수 있었다. 시스템 구현에 있어서, KNX는 하드웨어적 구조가 매우 복잡하여 실제 구현하기가 힘들다. 그에 비하여, LnCP의 구조는 KNX에 비하여 간단하여 구현이 용이한 장점을 가지고 있다.

이러한 결과로 볼 때, KNX와 LnCP 모두 홈 네트워크에 적합한 요구 전송 지연을 가지고 있어서 홈 네트워크용 프로토콜로 적합한 성능을 보일 것으로 보인다.

향후에는 좀더 실제 가정 환경을 맞게 시나리오를 작성하여 거기에 맞는 시뮬레이션 모델을 만들어서 실제 실험을 통해 검증하는 연구가 수행되어야 할 것이다.

### 참고문헌

1. Konnex Association, "KNX Standard Version 1.0," 2002.
2. LG Electronics, "Living network Control Protocol-(LnCP)Version 2.0", 2004.

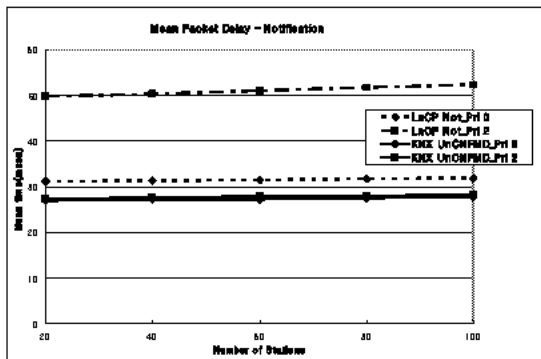


Fig. 3 Mean transmission delay – Notification

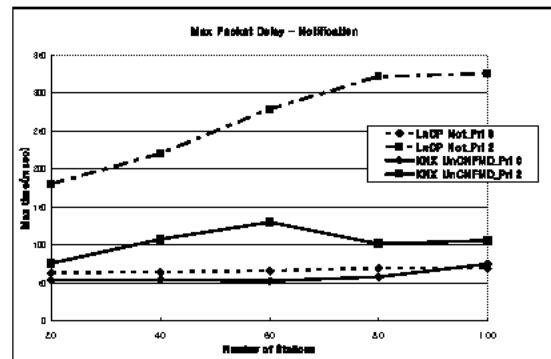


Fig. 5 Max transmission delay – Notification

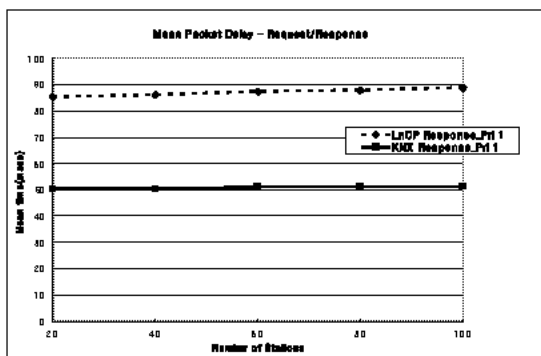


Fig. 4 Mean transmission delay – Request/Response

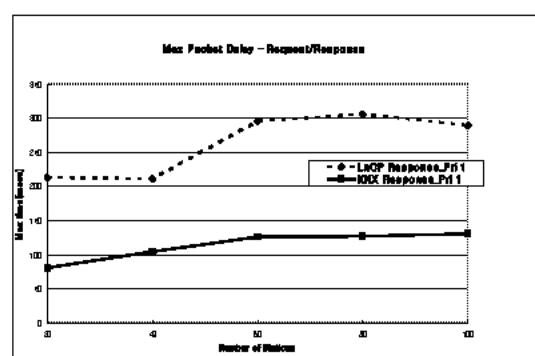


Fig. 6 Max transmission delay – Request/Response