

가로등 제어를 위한 전력선 통신 프로토콜의 설계

박종연, 최원호, 임기승, 최현희
강원대학교 전기전자 공학부

Power Line Communication Protocol Design for street light control

Chong-yeon Park, Won-ho Choi, Ki-seung Lim, Hyeon-hee Choi
Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Kangwon National University

Abstract- 본 논문에서는 가로등 제어를 위한 전력선 통신 프로토콜을 OSI 7계층을 바탕으로 설계하고, 실제 적용해 봄으로써 그 실용성을 입증한다. 그러나 전력선 채널의 상태가 좋지 않으면 멀리 있는 모뎀까지의 전송 확률이 떨어짐을 확인하였다.

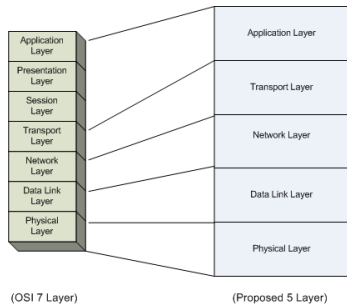
1. 서 론

전력선 통신은 가정이나 사무실등에 포설되어 있는 전력선 망을 이용하여 220V/60Hz에 수 십KHz~수 백KHz의 신호를 더하여 송수신 하는 방식이다. 전력선 통신이 여타 장비 없이 전원선(220/60Hz)을 통신 채널로 활용하기 때문에 그로인해 얻는 이점이 매우 많다는 것은 이미 널리 알려진 사실이다. 1990년대 중반부터 발전해 온 전력선 통신은 저속 데이터 통신부터 시작해서 현재에는 고속 데이터 통신 까지 연구가 활발히 진행되고 있다. 그에 힘입어 PLC의 통신 규격, 프로토콜 규격 등이 발표되었고, 다양한 분야에 적용 되고 있다. 이미 홈 네트워크 분야에서는 HnCP(Home network Control Protocol)라는 전력선 통신 프로토콜이 KS규격에서 Ver1.0(저속데이터 통신),Ver1.2(고속 데이터 통신)로 발표되어 활용 중이다.[1],[2] 본 논문에서는 가로등 제어 및 감시에 초점을 맞추고 가로등 제어에 적용되어 사용될 수 있는 저속 전력선 통신 프로토콜을 설계하고, 이 프로토콜의 실용 가능성을 명시 한다.

2. 본 론

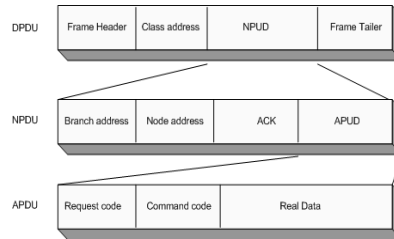
2.1 제안된 프로토콜

가로등 제어를 위한 전력선 통신 프로토콜의 구성은 ISO에서 제정한 OSI 7계층 구조를 따르며, 성격이 비슷한 계층을 묶어 총 5계층으로 하였다. 홈 네트워크나 고속 데이터 통신에 비해 가로등 제어를 위한 저속 전력선 통신은 구조가 비교적 간단하기 때문에 그림 1과 같이 5계층으로 간략화 했으며, 응용계층은 다양한 방법으로 활용 가능하다.



<그림 1> 제안된 프로토콜의 계층적 구조

모든 네트워크의 주소 체계가 도메인, 서브넷, 그룹, 노드로 이루어져 있는 반면 제안된 프로토콜의 주소 체계는 클래스 + 브랜치 형식의 간략화 된 구조를 갖는다. 그림 <2>는 제안된 프로토콜의 프레임 구조를 나타내며, DPDU, NPDU, APDU의 조합으로 이루어 졌다. 각 프레임은 제안된 프로토콜의 각각의 계층에 대응되며, 모뎀 활용의 다양성을 위해 일부는 명시하지 않았다.



<그림 2> 제안된 프로토콜의 전체 프레임 구조

2.1.1 물리적 계층 (Physical Layer)

물리적 계층이 담당하는 역할은 상위 계층에서 내려온 비트들이 상대방까지 보내질 수 있도록 근원지와 목적지간의 물리적 링크를 설정, 유지, 해지 등을 위한 기계적, 전기적, 기능적 그리고 절차적인 특성을 제공하는 것이다. 현 시스템에서는 ST사의 모뎀IC와 AVR 프로세서로 이루어진다. 그리고 다음 표1은 현 모뎀의 물리적 규격을 나타내며, 사진 1은 실제 제작한 모뎀이다..

<표 1> Physical specification

내용	특성
사용 주파수	132.5 KHz
변조 방식	FSK modulation
데이터 전송 속도	9600 baud rate
프로세서	AVR(Atmega 128)
프로토콜	제안한 OSI 5계층

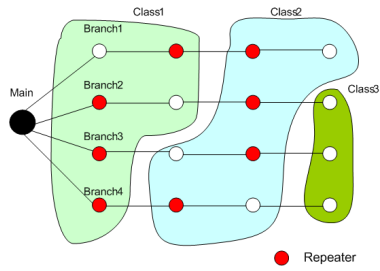
<사진 1> Physical specification



2.1.2 데이터 링크 계층 (Data Link Layer)

데이터링크 계층은 물리 계층을 경유한 데이터 블록에 대한 전송을 담당하고 있다. 데이터 동기화는 CSMA/CA 방식을 이용하며, 이 계층에서 주소체계는 클래스+브랜치+노드 어드레스로 구성되어 사용되며, 각 계층마다 이 주소 체계를 통일하여 사용한다. 프레임 헤더부분은 데이터 블록의 시작을 나타내는 표시를 포함하는데, 물리적 계층과의 동기를 맞추는 작업을 한다.

2.1.3 네트워크 계층 (Network Layer)



〈그림 3〉가로등 제어를 위한 네트워크 모형

네트워크 계층은 패킷의 최종 목적지를 파악하고, 원활한 네트워크를 위해 여러 가지 수단을 제공한다.

전용선을 사용하는 여타 통신과는 달리 전력선 통신이라는 것은 220V/60Hz 전원과 데이터를 같이 사용하기 때문에 몇 가지 장애를 가지고 있다. 시시각각 변화하는 채널의 임피던스, 각종 기기에서 발생하는 노이즈 등은 통신 확률을 낮추고 심각한 경우에는 통신 불가능 상태를 유발 할 수 있다. 이러한 전력선 채널의 불안정성으로 인해 통신 거리가 보장 되어 있지 않은 상태에서 물리적으로 넓은 범위를 네트워크화 하려면, 서로 통신 가능한 모뎀을 집산화 시키는 과정을 필요로 하는데, 〈그림 3〉에 나타난 Class라는 것이 그에 해당한다.

〈그림 2〉는 가로등 제어를 위한 네트워크상의 모뎀을 모형화한 것으로 Main 모뎀과 통신이 가능한 집단을 Class1로 설정하고, Class1과 통신이 가능한 집단을 Class2로 설정했다. 홈 네트워크이 아닌 가로등 제어는 일자 형태의 데이터 흐름을 보이지만, 하위 모뎀까지 데이터를 이동시키려면 이와 같은 Class 집단안의 어떠한 모뎀이 신호를 되받아 치는 역할을 수행해야 한다. 이것을 리피터라 명명한다. 현 시스템에서는 Class내 리피터를 두고 최종 목적지까지 이 리피터 모뎀을 통해 패킷을 전달하게 된다. 제안된 프로토콜의 네트워크 계층에서는 Normal mode와 Command REPEATER mode를 지원한다. 또한, 현재에는 Automatic REPEATER mode를 설계 중에 있으며, 이 기능은 전력선 채널 상태 변화에 유동성 있게 대처 할 수 있고 Class설정의 자동화를 통해 좀 더 확률 높은 통신이 가능하게 할 것이다.

■ 일반 모드(Normal mode)

Normal mode는 다른 말로 All REPEATER mode로써 모든 모뎀이 리피터가 되어 중앙 제어시스템으로부터 이어 받은 패킷을 최종 목적지까지 전달한다. 각각의 모뎀은 받은 신호를 확인하고 최종 목적지 주소가 자신의 주소 보다 크면 다시 신호를 전송하게 되는데 이것을 순방향 전송이라 칭한다. 최종 목적지 주소에서 확인된 패킷은 다시 중앙제어 시스템까지 역전달이 되는데 이 과정은 순방향 전송과 반대인 역방향 전송을 통해 이루어진다.

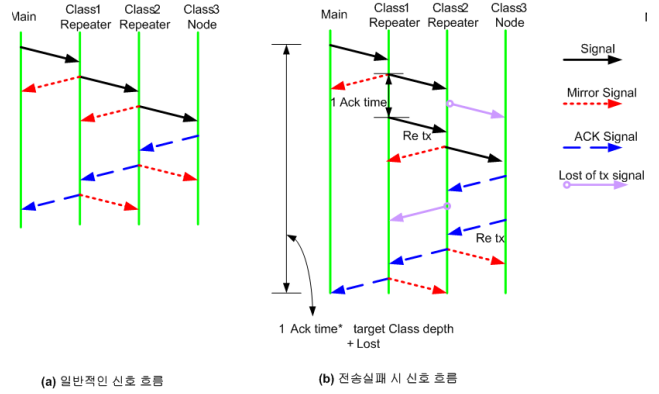
■ 리피터 명령 모드(Command REPEATER mode)

Command REPEATER mode는 시스템 설치 후 통신 가능거리 및 모뎀의 상태를 파악 한 후 중앙 제어 시스템에서 임의로 명령을 내려 리피터 모뎀을 설정한다. 통신 시 불필요하게 경유하는 모뎀이 없으므로, 속도가 빨라지는 장점이 있으나, 설치 시 모뎀의 상태를 파악해야 하는 단점이 있다.

2.1.4 전송 계층 (Transport Layer)

네트워크 계층이 주로 사용자 기계와 네트워크들 간의 인터페이스에 관계되는 것에 비해, 전송 계층에서는 사용자 프로세스들 사이의 end-to-end 상호작용에 관계되는 것이다.

전송 계층은 네트워크 서비스 계층에서 잡아주지 못하는 데이터의 에러나 이종처리 등에 대한 여러 제어 기능을 비롯하여, 데이터의 흐름을 제어하는 flow control등이 있다. 그림 4(a)는 네트워크상의 데이터 송수신 흐름을 나타내며, 메인으로부터 어떠한 노드에게 신호를 전송하였을 때, 신호의 흐름을 보여준다. 신호는 일반신호, Mirror신호, ACK신호로 구성된다. Mirror신호는



(a) 일반적인 신호 흐름 (b) 전송실패 시 신호 흐름

〈그림 4〉 네트워크 상 신호의 흐름

리피터가 하위 주소로 신호를 보낼 때 전력선 채널을 통해 상위 주소로도 전달되는 신호를 의미하는데 자신의 신호가 정상적으로 전송되었는가를 판별하기 위해 사용된다. ACK 신호는 최종 목적지 주소의 모뎀이 Main 모뎀에게 보내는 역방향 신호를 말한다. Mirror신호는 패킷의 특정 부분에 의해서 ACK신호와 구분된다.

그림 4(b)는 전력선 채널이 불안정하거나 모뎀의 고장 혹은 단선, 모뎀의 충격 등에 의해 리피터 역할을 담당하는 모뎀이 동작하지 않았을 때의 신호흐름을 나타낸다. 어떠한 이유로 리피터 모뎀이 동작하지 않을 때 즉 하위 모뎀으로부터 Mirror신호를 받지 못했을 경우 리피터 모뎀은 1회 전송을 다시 하게 된다. 1회 전송 실패 시 1회 재 전송은 모뎀이 전송을 하고 정해진 시간 내에 Mirror 신호를 받지 않았을 경우 시도 하게 된다. 그리고 최종적으로 메인 모뎀은 최종 목적지까지 전송되었다가 돌아오는 응답신호가 예정된 시간(그림 3의 (b) 1 ACK time*target class depth+Lost)이내에 들어오지 않으면 이를 중앙 제어 시스템에게 알린다.

2.1.5 응용 계층 (Application Layer)

응용 계층은 최상위 계층으로 응용 프로세스들 간에 유용한 정보교환을 할 수 있는 창구 역할을 담당한다. 현 시스템에서는 OSI 7계층 중 상위 3계층을 묶어 응용 계층으로 명명하였으며 주로 프로세서들 사이의 연결을 확립하고 유지하며, 정보를 표현하고, 수단을 제공한다. 이는 프로세스들이 네트워크 환경에 접근하는 수단을 제공함으로써 응용 프로세스들이 상호간에 유용한 정보교환을 할 수 있는 중요한 기능을 한다. 모뎀과 연결되는 각종 기기들이 해당되는데, 현 시스템에서는 가로등 제어를 위한 회로로 한정되어 있는 상태이다. 기기 간의 상호 호환성은 가로등 제어 회로의 프로세서와 전력선 모뎀의 비동기 통신을 통해 이루어진다.

3. 결 론

본 논문에는 가로등 제어를 위한 전력선 통신 프로토콜을 설계하여, 실제 규격에 맞게 모뎀을 제작하여 실험하였고, 실용성이 입증되어 현재에는 현장 시범 설치되어 있다. 저속 전력선 모뎀이기 때문에 전송 속도에 매우 민감 할 수 있으며, 전력선 채널의 상태가 좋지 않을 경우 멀리 있는 모뎀까지의 전송 확률이 떨어질 가능성이 있다. 후에는 전력선 채널의 상태를 파악하여, 각 노드 모뎀까지 접근 할 수 있는 알고리즘을 연구할 예정이다.

[참 고 문 헌]

[1] 산업 자원부 기술 표준원, "KS X 4500-1"
 [2] 산업 자원부 기술 표준원, "KS X 4600-1"
 [3] H.KKang ,K.R.Lee, J.MHee, W.H.Kwon, H.S.Park, B.J.Chung "Adaptive Channel State Routing Algorithm for Power Line communication", IEEE ISPLC, 2006.3.26
 [4] Yu-Ju Lin,Haniph A.Latchman,Jonathan C.L.Liu, Richard Newman, "Periodic Contention-Free Multiple Access For Power Line Communication Networks", IEEE 19th International Conference on Advanced Information Networking and Application, pp 1321-1324, 2005