

직류 전원선을 이용한 다중 접속 양방향 직렬통신 프로토콜 구현

Implementation of multiple access bidirectional serial communications protocol using DC power line

한경호* 김원일** 황하윤***
Kyongho Han Kim, Won-Il Hwang, Ha-Yoon

ABSTRACT

This paper handles, implementation of multiple access bidirectional serial communications protocol using two common DC power lines, which are power supply and ground, connecting multiple devices. Communication between the host and the multiple clients are performed using unique packet data with device ID unique to each devices connected on the common power lines. Host initiates data communications by transmitting command packet to the designated client with the client's ID and the client responds by transmitting response packet to the host and in this way, multiple clients and host exchange the packet through the common power lines. The normal voltage of the power communication line maintains 24V corresponding to level 1 and the host drops the voltage to 12V on sending level 0 signal, also the clients normally keeps the line voltage to 24V use pull-down circuit to drop the voltage to 12V on sending level 1 signal. Power supply originates from the host, the host senses the voltage level of the power communication lines and when the clients activates pull down circuit to send level 0 signal and the voltage drops to 12V, the hosts switches power source from 24V to 12V. Also, when clients deactivate pull down circuit to send level 1 signal, the host senses the voltage increase and switches the power source from 12V to 24V. Experimental circuit is designed with one hosts and four clients and verified the power line voltage switching operation depending on the data signal levels on the power line. The proposed research result can be applied to two wire power communications system with one host and multiple low current consumption clients.

1. 서 론

전기를 사용하기 위한 전원선의 설치와 통신을 위한 통신선로의 설치 비율을 보면, 전기를 사용하고 있는 비율이 통신을 사용하고 있는 비율이 더 많으며, 현재 각종 인프라 시설에도, 전원선에 의한 네트워크가 통신선에 의한 네트워크보다 더 많이 사용되고 있다. 또한 건물 등 인프라시설의 다양한 장비들을 네트워크로 묶어서 컴퓨터에 의하여 자동 제어 및 감시하고자 하는 경향이 있다. 이를 위하여 추가로 통신선로를 설치하는 것이 곤란하거나, 추가 비용 등이 발생하는 문제점이 있어, 통신선로를 추가로 설치하는 대신 기존의 전원선을 이용하여 전원공급과 데이터 전송을 동시에 이루고자 하는 전원선 통신 또는 전력선 통신 (Power Line Communications: PLC) 기술이 개발되고 있다.

* 한 경호, 단국대학교 전자전기공학부 교수, 비회원

E-mail : kyonghan@dku.edu

TEL : (031) 8005-3608 FAX : (031)8005-4096

** 김 원일, DUANI 기술연구소 이사, 비회원

*** 황 하윤, 단국대학교 전자전기공학부, 비회원

다양한 환경에서 하나의 호스트 시스템에 여러 개의 클라이언트가 공통선로에 의하여 연결되어 호스트가 각각의 클라이언트를 제어하고자 할 경우에, 클라이언트와 호스트 간에는 통신선로와 함께 전원선이 각각 연결되며, 클라이언트의 숫자가 많아짐에 따라 서로 연결되는 선로의 수가 많아지게 된다. 또한 기존에 전원선만 설치되어 있으며, 추가로 선로를 설치할 수 없는 환경에 클라이언트를 설치하여 제어하고자 할 경우, 전원선을 이용한 통신방식을 사용하게 된다. 이러한 전원선 통신방식 (Power Line Communications: PLC)은 추가 선로를 설치하지 않고 기존의 전원선과 접지선의 두 개의 선로만 사용하는 방식은 다양한 교류 및 직류 환경에서 오랫동안 연구되어 왔다.

차량에서는 일반적으로 직류전원을 사용하며, 추가 장치를 장착할 때 전원선 통신을 사용하면, 추가되는 장치에 전원선만 연결하면 되므로 추가적인 배선을 최소화 할 수 있다. 이때, 전원선은 모든 클라이언트에 모두 공급되며, 전원선은 통신선으로도 사용되므로, 다수의 클라이언트가 공통통신 선로에 연결되는 구조가 되는 다중접속 시스템을 형성한다.

이러한 시스템은, 하나의 호스트에서 여러 개의 클라이언트를 제어하는 방식에서, 전원선을 통하여 인터넷 등의 고속 데이터 통신을 접속하는 방식까지 다양하게 연구되어 개발되어 지고 있다 [1].

본 논문에서는 직류 전원선과 접지선 의 두 개의 선로를 공통으로 사용하여 여러 개의 장치간에 전원 공급과 함께 양방향으로 직렬 데이터 전송을 통하여 각각의 장치를 제어할 수 있는 다중 접속 양방향 직렬 통신 드라이브 회로의 설계와 다중 접속을 위한 프로토콜에 대하여 다룬다[1].

2. 전원선 통신

전원선 데이터 통신은 또한 전력선 통신으로, 전원 선로에 전원보다 높은 주파수로 변조된 데이터 신호를 전원선로를 통하여 전송하며, 교류 전원의 경우와 직류 전원의 경우가 다르며, 전력부하에 따른 높은 신호 부하 등의 조건으로 인하여 구현이 매우 어렵다. 현재 전원선 통신 기술의 경우 LonWorks사, Maxim.사의 1-wire 등의 기술과 함께, 홈네트워크 등의 관련 국내 기술 연구 개발 및 표준화 활동이 수행되고 있으며 관련된 상용제품도 출시되고 있다[4]. 이러한 전력선 통신은 가정 및 산업용 전원의 대부분인 교류 전력선을 통하여 고속의 데이터 통신을 가능하게 한다. 전력선 통신에서 전력 보다 낮은 전압을 갖는 데이터 신호를 전력선에 여러 가지 방법으로 변조하여 전송하고 있다[2][3]. 또한 빌딩 자동화 시스템과 같이 직류 전원선을 사용하는 시스템에도 동일한 전력선 통신 방법이 적용될 수 있다. 이러한 방법들은 각 방법에 따른 회로가 내장된 전용 칩을 사용하도록 드라이브 회로가 부가적으로 추가된다. 전력선 통신용 칩은 표준화 및 대량 생산에 의하여 가격이 저렴하지만, 수동 소자에 비하여 가격이 높다. 근거리, 소형의 제어장치를 간단한 접속장치에 의하여 호스트 시스템과 연결하고자 할 때, 전력선 통신 모델이 제어장치보다 크고, 가격이 높을 경우가 많으며, 프로토콜을 지원하기 위하여, 제어 본 프로그램에서 추가되는 드라이버 프로그램이 증가되어 제어 장치의 메모리 용량이 커야할 필요가 있다[5],[6].

본 연구에서는, 직류 전원을 사용하는 client들과 host가 근거리에서 연결되어 있으며, client 부하가 비교적 작은 경우, 고주파 변조 회로, 전력선 모델 등의 복잡한 회로를 사용하는 대신, 전원선의 전위만 전송 신호에 따라 변동하도록 하여 부가되는 회로를 최소화 한 접속장치를 제시하고 실험으로 그 결과를 확인하였다[7]. 전력선에 전원을 공급할 때, host가 전력선에 전원을 공급하며, 전송 데이터 값에 따라, 전력선에 공급하는 전원의 level을 달리하도록 한다. 본 연구에서는 직류 전원에 직렬데이터를 전송하기 위하여, '1' 과 '0'의 두가지의 데이터를 전송하므로, 직류전원의 전압 값은 두 가지가 된다.

두 가지 전압을 사용할 때, 양 또는 음의 전압과, 0V를 사용하는 경우에 전력선에 '0', '1' 두가지 값이 연속적으로 공급되면, 전력선에 인가되는 전압은 양 또는 음의 전압과 0V의 평균값이 공급되므로, 공급되는 전원에 의하여 client가 동작 할 수 있다. 이 경우, 0V 에 해당하는 데이터가 계속 전송되는 경우, client의 전원공급이 없어지고 client의 동작이 멈추게 될 수 있다.

그러나, 두 가지 전압을 두 가지의 양의 전압, 예를 들면, 24V, 18V를 공급한다면, HIGH 또는 LOW

level 값이 계속 전송 되는 경우에도, client에 항상 전원이 공급된다. 이는 두 가지의 음의 전압을 사용하여도 같은 효과를 갖게 되며 client에 항상 전원이 공급되어 client가 항상 작동하게 된다. 본 연구에서는 두 가지 양의 전원을 디지털 데이터 값 HIGH, LOW level 에 대하여 인가하도록 하였다.

디지털 직렬 데이터 통신에서 평상시 HIGH level의 값 유지하고 있으며 양의 전압 V_h 을 전송하고 있으며, LOW level 값을 전송할 때에 또 다른 양의 전압 V_l 를 전송하게 된다. 전체 주기에 대하여 HIGH level의 값을 유지하고 있는 시간이 더 길기 때문에, V_h 값을 V_l 값보다 높도록 하였다. LOW level의 값을 전송하고자 할 때, 전력선에 공급되는 전압을 V_h 에서 V_l 로 낮추어 공급하도록 한다. 전력선에 전원을 공급하는 기능은 host에서 수행하며, host는 전송하고자 하는 데이터의 값에 따라, 두 가지 전원 V_h 와 V_l 중 하나를 선택적으로 공급한다.

Host에서 전송한 데이터를 client에서 수신할 때, 전력선의 전압에서 전원을 공급 받아서, client의 동작전원으로 사용하며, 전력선 전압이 V_h 또는 V_l 에 따라 데이터 값을 복구하여 수신한다.

하나의 host에 여러 개의 client를 다중 접속할 경우, 각각의 client는 ID를 부여 받으며 host에서 client에게 ID를 사용하여 데이터 패킷을 전송한다. 이때 모든 client는 host의 전송 패킷을 모두 수신하며 자신의 ID와 같은 데이터 패킷만 수신한다. Host가 데이터 전송을 종료한 다음, client가 데이터를 전송한다. Host가 데이터 전송을 종료하면 전력선의 전압은 평상시 HIGH level 에 대한 전압 V_h 으로 복구한다.

Client가 데이터를 전송하는 경우, client의 데이터 값에 따라, 전원선 전압을 V_h 와 V_l 로 유지하도록 하는데, V_h 는 평상시 전압을 유지하면 되고, V_l 을 유지하기 위하여 V_h 의 전압을 V_l 로 강하 시키는 회로가 필요하다. 그런데 host는 V_h 를 공급하고 client에서 V_l 로 유지하게 되면 V_h-V_l 크기의 전압이 host와 client의 드라이버 회로에 인가되며 드라이버 부분에 과도한 전류가 흐르게 되어 결국 회로가 정상적인 기능을 수행할 수 없다. 이를 해결하기 위하여, host 에서는 전력선의 전압을 감지하여 client에 의하여 전압이 V_h 에서 V_l 로 강하될 때, host는 공급 전압을 V_h 에서 V_l 로 전환하도록 하면 이 문제를 해결할 수 있다.

Client에서 LOW level을 전송하다가 HIGH level을 전송할 때, 전력선의 전압을 V_l 에서 V_h 로 상승되어야 한다. 전력선에 V_l 이 유지되는 동안에 host가 전압 V_l 을 공급하고 있으므로, host가 전력선 전압이 V_l 에서 V_h 로 상승되어야 하는 것을 감지해야 한다. 이를 client에서 host가 알도록 하기 위하여 전력선의 전압을 V_l 보다 약간 높은 전압을 유지하도록 하고, V_l 보다 약간 높은 전압을 감지한 host는 공급 전압을 V_l 에서 V_h 로 전환하도록 한다.

이상 과 같이, client에서 전송하는 데이터에 따라 host가 전력선에 인가되는 전압을 V_h 와 V_l 가운데 선택적으로 인가하도록 한다. 이는 client에서 전압 V_h 와 V_l 사이에서 변동할 때, 데이터가 HIGH level에서 LOW level로 변할 때, LOW level에서 HIGH level 로 변할 때를 host가 감지하고 공급 전압을 선택하여 공급하도록 한다.

본 연구에서 제안한 전원선 통신 방법의 기능과 성능을 확인하기 위하여, host와 여러개의 client를 RS232C 직렬통신에 의하여 접속하여 실험을 실시하여 확인하도록 하였다.

3. 실험 및 결과

제시한 전원선 통신을 위한 송수신 신호에 대한 드라이브 회로는 그림 1에서 보인다. 직렬통신으로 RS232C 프로토콜을 사용하였으며 host에서 High Level 신호는 직류 24V, Low Level 신호는 직류 18V의 전압을 전송하도록 하여 client들에 항상 전압이 공급되도록 하였다[8],[9]. 그리고 통신 방식은 공통선 선로를 사용하기 때문에 host 또는 client에서 한순간에 하나만 데이터를 전송하는 반 이중전송(Half Duplex)방식을 사용하였다.

그림 1에서 TR Q1은 High level 데이터 전송을 위하여 전원통신선 $V+$ 에 24V 전압을 공급하며, TR Q2는 Low level 데이터 전송을 위하여 전원통신선 $V+$ 에 18V를 공급한다. 따라서 Q1과 Q2의

ON/OFF 스위칭 동작은 전송하고자 하는 직렬통신 값 '1' 또는 '0' 에 따라 서로 반대로 동작하게 된다.

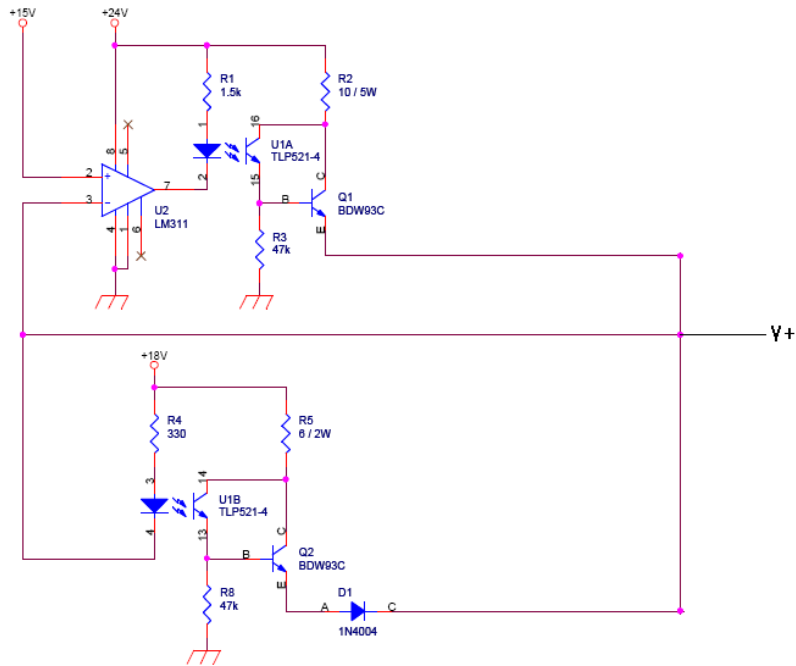


그림 1. 전원선 통신 드라이브 회로 (전원구동부)

데이터 값에 따른 24V 및 18V 두가지의 전원선 전압은 V+를 통하여 host 에서만 공급되므로 host 가 client에 데이터를 전송하는 경우에는 host에서 전송하는 직렬 데이터 값에 따라, Q1, Q2를 각각 구동하여 V+에 24V와 18V를 각각 인가할 수 있다. 그러나 이와 반대 방향으로 client에서 host로 직렬 데이터를 전송하는 경우, host는 client가 전송하고자 하는 데이터 값을 알 수 없으므로, Q1 과 Q2 중 어느 것을 구동할지 결정할 수 없다.

Client에서 host로 데이터를 전송할 경우에도, client에서 high level 신호를 보낼 경우에는 전원선 V+의 전압을 24V를 유지하고 low level 신호를 보낼 경우에는 전원선 전압을 18V가 되도록 한다. 이 경우 그림 2에서 TXD1을 통하여 데이터 '1'을 전송하기 위한 전압 24V를 유지하기 위하여 client는 전원선의 정상시 전압이 24V 이므로 이에 아무런 동작을 할 필요가 없다. 그러나, 데이터 '0'를 전송하기 위하여 전원선 V+의 전압을 24V에서 18V로 강하시키기 위하여 TR을 사용하여 pull down 기능을 수행한다.

Client가 데이터 '0'을 전송하다가 데이터 '1'을 전송하기 위하여 pull down TR의 동작을 차단하여 전원선 전압을 18V에서 다시 24V로 상승시켜야 하는데, client는 전압전원을 제어 할 수 없으며, host만 전압전원을 제어할 수 있으므로, client는 host에게 pulldown TR의 동작이 차단되었음을 알도록 하여야 한다.

이처럼 client가 전송하는 데이터 값에 따라, host는 24V 또는 18V를 선택적으로 공급하기 위해, 전원선 V+의 전압의 변동을 감지하도록 비교기(U2)를 사용하였다. 비교기는 V+의 전압이 15V 이상일 때 Q1을 ON, Q2를 OFF시켜 24V가 V+에 공급되게 하고, V+의 전압이 15V 이하일 때, Q2를 ON, Q1을 OFF시켜 18V가 V+에 공급되도록 한다. 따라서, client가 LOW level 신호를 전송하기 위하여 그림 2의 회로도에서 pull down TR Q4을 동작하면 V+의 전압은 체너다이오드의 체너전압인 12V 이며, 이때, Q4 TR (BDW93C)는 switching mode에서 동작하도록 bias가 정하여졌으므로, Q4의 Vce 값은 2V가 되어 V+의 전압은 14V를 유지하게 된다.

이때, 그림 1에서 저항 R5와 TR Q2, 다이오드 D1에 걸리는 전압은 18V와 V+의 전압인 14V 의 차이, 즉 4V가 된다. 이때 역시 TR Q2의 Vce 전압 은 2V, 다이오드 D1의 순방향 전압은 0.7V 이므로,

저항 R5 양단간의 전압은 1.3V가 된다. 저항은 1.3V의 전압에 의한 전력 소모를 충분히 견딜 수 있도록 용량을 정한다. 이때 V+의 전압은 12V로 비교기에서 15V 이하이므로 Q2가 계속 On 상태를, Q1은 계속 OFF 상태를 유지하여 회로의 동작은 안정을 유지한다.

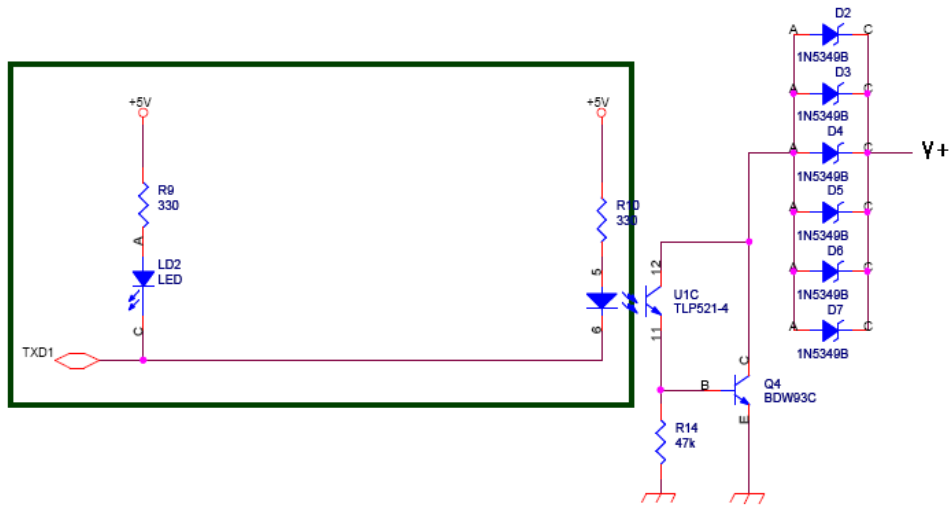


그림 2. 직렬 데이터 송신부

Client가 HIGH level 신호를 전송하기 위하여 pull down TR Q4가 off 되면, Q2에 의하여 인가된 전류흐름은 감소하게 되어 R5 양단간의 전압이 거의 없게 되고, V+의 전압은 TR Q2와 다이오드 D1에 의한 전압강하 2.7V를 감한 15.3V가 된다. 이때 V+ 전압은 비교기에 15V보다 높으므로, Q2는 OFF 상태가 되고, Q1은 ON 상태가 되어, V+에 24V가 인가되게 된다. 즉, pull down TR Q4가 off 될 때 V+의 전압이 15V 보다 약간 높게 되면 Q1이 On 되고 Q2가 OFF 되어 V+의 전압은 24V로 되돌아가게 되고 이 상태를 유지하여, 회로의 동작은 안정을 유지한다.

한편 host의 송신 회로 역시 client의 송신 회로와 동일하게 사용하여 HIGH, LOW level의 데이터 호를 전송하게 되고 그에 따라, Q1 TR과, Q2 TR이 서로 반대로 동작되도록 한다.

데이터 수신회로 부분은 송신부 회로에 비하여 간단하다. 전원선 전압 V+이 24V 및 15.3V의 두가지 값을 가지게 되므로, 이를 구분할 수 있는 전압을 기준으로 그보다 높은 전압인지, 낮은 전압인지 구별하여 HIGH, LOW level 데이터를 구분할 수 있다.

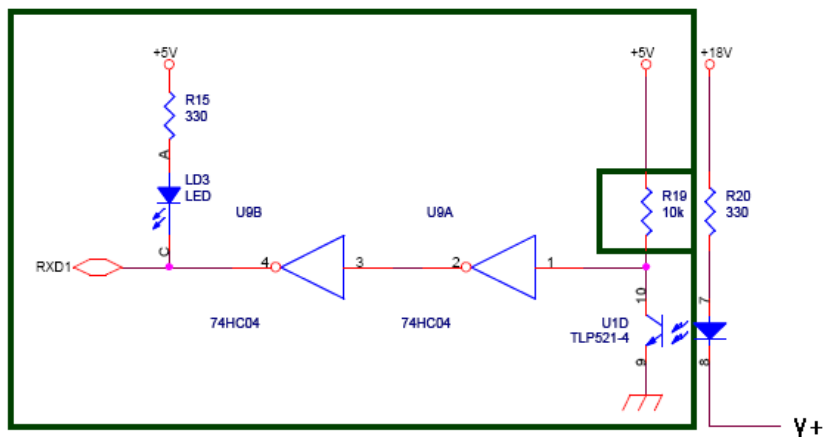


그림 3. 직렬 데이터 수신부

그림 3에서 수신부 회로를 보이고 있다. 본 회로에서 18V의 전원을 사용하므로, 18V를 기준으로 전원선 전압 V+를 비교하여 '1', '0'의 신호를 복구한다. 회로의 동작은, V+의 전압이 24V일 때, 포토커플러 UID의 포토다이오드가 역방향으로 바이어스가 되어, 포토커플러의 포토트랜지스터는 OFF 상태가

되어 포토트랜지스터의 컬렉터 전압은 5V가 되며, Inverter 74H04 (U9A, U9B)를 통하여 RXD1 값은 "1" 값을 수신하게 된다.

전송선로는 평소에 HIGH level (데이터 "1")을 유지하고 있으며, LOW level로 데이터 "0"를 보낼 때에는 18V가 사용되므로 24V가 인가되는 기간보다 짧은 기간 동안에 18V가 인가되므로, 더 적은 량의 전류를 소모하게 된다.

데이터 파형 역시, 클라이언트의 전원 부하에 따라 크게 영향을 받으며, 이는 데이터의 전송 속도에 직접적인 영향을 준다. 통신 파형은 24V에서 18V로 하강하는 모서리와 18V에서 24V로 상승하는 모서리에서 가장 큰 영향을 받는다. 이 두 가지 모서리의 기울기는 18V에서 24V로 상승하는 모서리는 그림 1의 24V를 공급하는 TR Q1의 구동 전류 용량 및 client의 전원 부하의 저항 및 캐패시턴스 값에 따라 결정된다. Client의 부하 저항 값에 따라 HIGH level 신호의 전압값이 영향을 받으며 client 개수가 늘어나면 신호의 전압 값이 하강하며, 전원 부하의 캐패시턴스 값에 따라, 상승 모서리의 기울기가 결정되는데, client 개수가 늘어나면, 부하 캐패시턴스 값이 증가하여 상승 모서리의 기울기가 완만하게 되어, 파형의 상승 속도가 줄어든다.

24V에서 18V로 하강하는 모서리는 그림 1의 18V를 공급하는 TR Q2의 구동 전류 및 그림 2의 pull down TR Q4의 전류 용량에 따라 결정된다. TR Q4가 pull down 기능을 할 때, 전류의 용량이 충분하면, 하강 모서리가 가파르게 된다.

파형의 상승 속도를 개선하기 위하여 24V 공급 TR Q1을 용량이 큰 것으로 대체하여 공급 전류를 증가할 수 있으나, 이러한 경우, 파형을 하강하기 위하여 증가된 전류량을 소탕하기 위하여 pull down TR Q4의 용량이 큰 것이 필요하게 된다.

이와 같이 전송파형의 상승속도와 하강속도에 따라 데이터 전송 속도가 크게 영향 받으며, 파형 모서리의 상승, 하강 속도가 빠를수록 데이터 전송 속도가 증가하게 되며, 그 속도가 느릴수록 데이터 전송속도는 감소한다. 이는 Host에서 본 client의 전원 부하에 따른 영향으로 client의 개수가 증가함에 따라, 모서리의 상승 속도가 계속 감소하는데 비하여 하강 속도는 별로 영향 받지 않았다. 모서리의 상승속도가 감소하면, 파형의 전송 속도가 일정할 때, 파형이 HIGH level로 상승하기 전에 LOW level로 하강하게 되어, 정상적인 데이터 전송이 이루어지지 못함을 볼 수 있었다. 이러한 파형 모서리의 상승 하강 속도는 client의 전원 부하에 따라 결정된다.

실험에서 제작된 client들을 연결하여 다양한 전송 속도로 데이터를 송수신 하였을 때, 300 bps 이하의 속도에서는 파형의 상승, 하강 모서리가 왜곡 없었으며, 그 이상의 전송 속도에서는 파형의 모양이 왜곡되어 정상적인 데이터 전송이 이루어지지 못하였다. 이 실험 결과에서, 데이터의 전송 속도를 높이기 위하여 client의 전원 부하를 감소하도록 설계하여야 함을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 논문에서는 직류 전원을 사용하여 host에 여러 개의 client를 접속하여 전원선과 접지 두 개의 선로에 의하여 전원과 직렬 데이터 통신을 수행하기 위한 드라이브 회로 및 송수신 접속 방법을 제시하고 이를 이용하여 host 시스템과 client 시스템을 설계 제작하여 실험을 실시하여 결과를 확인하였다. 전원선을 공통으로 여러개의 client를 연결하고자 할 때는 각 client에 ID를 부여하고 host와 client 간의 통신 패킷에 사용하였다. 실험을 위한 host 및 client를 제작하여 실험을 수행하여, 다양한 전송 속도로 데이터를 전송하고 결과에서 client의 전원 부하가 통신 신호 부하보다 훨씬 크므로, 통신 품질은 client의 전원 부하에 의하여 주로 결정되는 것을 알 수 있었다. 통신 속도를 높이고, 파형의 왜곡을 줄이기 위하여, 즉 통신 품질을 높이기 위하여, client를 설계할 때, 전원 부하를 감소하도록 설계하는 것이 필요하다. 제안한 방법은 전원선 통신을 수행함에 있어서, 최소한의 TR 과 수동소자를 사용하여 간단히 구현할 수 있어, host와 client 간에 최소한의 회로를 사용하여 직류 전원선을 이용한 host와 여러개의 client 간의 다중 접속 통신에 이용될 수 있다.

참고문헌

1. 한경호, 광희수 , “충돌검지 다중접속 프로토콜에 의한 2선식 RS232C 직렬통신 인터페이스 구현”, 한국조명전기설비학회, 제17권 제3호, pp11-17, 2003년 5월.
2. 한경호, 김대성, 효율적인 음성신호의 전송을 위한 4배속 가변 변환율 ADPCM기법및 DSP를 이용한 실시간 구현“, 한국조명전기설비학회, 제18권 제1호, pp129-136, 2004년 1월.
3. 한경호, “ 배경잡음에서 가변임계값에 의한 DualRate ADPCM 음성부호화기법”, 한국조명전기설비학회, 제17권 제6호, pp154-159, 2003년 11월.
4. 주)한백전자, “임베디드 리눅스 시스템 HBE-EMPOSI”, pp1165, 2004년
5. 한경호, “웹 기반 하드웨어 원격감시 및 제어를 위한 초소형 내장형 웹 서버 시스템의 구현”, 한국조명전기설비학회, 제20권 제6호, pp104-110, 2006년 7월.
6. 김희수, "무선랜 기반의 ARM 프로세서를 이용한 PMP 구현", 단국대학교 대학원 석사학위논문, pp. 5-9, 2007. 2.
7. Tarik Ozkul, "Data Acquisition and Process Control using Personal Computers", Dekker, 1996,
8. John Hyde, "USB Design by Example", intel, 1999
9. Mark, Nelson, " Serial Communications", M&T Books, 2000