

## 양방향 다중직렬통신을 위한 이중전압 직류 전력선 통신 드라이버 구현

(Implementation of Dual Voltage Level DC Power Line Communication Driver for Multiple Access Serial Bidirectional Communication)

한경호\* · 황하윤

(Kyong-Ho Han · Ha-Yoon Hwang)

### 요 약

본 논문에서는 두 가지 전압을 이용하여 직류 전력선을 이용한 양방향 다중직렬통신 드라이버의 구현과 이를 위한 소형화 회로 설계에 대하여 다룬다. 다중접속통신은 호스트에 고유 ID를 갖는 여러 개의 클라이언트와 패킷에 의한 데이터 전송을 행한다. 양방향 통신을 위하여 호스트에서 데이터 1/0이 전송될 경우, 각 경우에 24[V]/12[V]전원을 선택하며 클라이언트가 데이터를 전송할 때, 호스트는 통신선로의 전압을 감지하여 전송하는 데이터에 따라, 24[V]/12[V]전원을 선택한다. 이러한 기능을 구현하는 소형 드라이버 회로를 설계, 제작하여 호스트와 클라이언트의 직렬 통신 포트에 접속하였으며, 하나의 호스트와 여러 개의 클라이언트로 네트워크를 구현하고 실험에 의하여 직류 전력선을 이용한 양방향 직렬통신의 기능을 확인하였다.

### Abstract

This paper handles, implementation of multiple access bidirectional serial communications protocol using DC power lines. The normal voltage of the power communication line maintains 24[V] corresponding to level 1 and the host drops the voltage to 12[V] on sending level 0 signal, also the clients normally keeps the line voltage to 24[V] use pull-down circuit to drop the voltage to 12[V] on sending level 1 signal. Host senses the voltage level of the power communication lines and the hosts switches power source from 24[V] to 12[V]. 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.

Key Words : DC Power Line Communications, Multiple Access, Voltage Switching., Dual Voltage, Serial Bidirectional Communication

\* 주저자 : 단국대학교 전자전기공학부 교수  
Tel : 031-8005-3608, Fax : 031-8005-4096  
E-mail : kyonghan@dankook.ac.kr  
접수일자 : 2009년 6월 3일  
1차심사 : 2009년 6월 9일  
심사완료 : 2009년 7월 2일

## 1. 서 론

장치에 전원을 공급하는 전력선을 이용하여 별도의 통신선을 설치하지 않고 각종 유선 통신을 수행하기 위한 방법이 전력선 통신이며 많은 시설에 전력선에 의한 네트워크가 사용되고 있다. 또한 인프라시설의 다양한 장비 들을 전력선 통신 네트워크로 묶어서 컴퓨터에 의하여 원격 제어 및 감시하고자 하는 경향이 전력선 통신 시장을 확대하고 있다. 이를 위하여 추가로 통신선로를 설치하는 것이 곤란하거나, 추가 비용이 발생하는 등의 문제점이 있는 경우에, 기존의 전력선을 이용하여 전원공급과 데이터 전송을 동시에 이루고자 하는 전력선 통신 (Power Line Communications: PLC) 기술이 개발되고 있다. 차량 등에서는 일반적으로 직류전원을 사용 하며, 추가 장치를 장착할 때 전력선 통신을 사용하면, 추가되는 장치에 전력선만 연결하면 되므로 추가적인 배선을 최소화 할 수 있다. 이때, 전력선은 모든 클라이언트에 공급되며, 전력선은 통신선으로도 사용되므로, 다수의 클라이언트가 공통 통신 선로에 연결되는 구조의 다중접속 시스템을 형성한다[2-3]. 이러한 시스템은, 하나의 호스트에서 여러 개의 클라이언트를 제어하는 방식에서, 전력선을 통하여 인터넷 등의 고속 데이터 통신을 접속하는 방식까지 다양하게 연구되어 개발되어 지고 있다[1]. 본 논문에서는 직류 전력선과 접지선의 두 개의 선로를 공통으로 사용하여 여러 개의 장치 사이에 전원 공급과 함께 양방향으로 직렬 데이터 전송을 통하여 각각의 장치를 제어할 수 있는 다중 접속 양방향 직렬 통신 구동 회로와 회로의 소형화 설계에 대하여 다룬다.

## 2. 전력선 통신

전력선 데이터 통신의 한 방법으로 전원 선로에 전원보다 높은 주파수로 변조된 데이터 신호를 전력선로를 통하여 전송하며, 교류 전원의 경우와 직류 전원의 경우가 다르며, 전력부하에 따른 높은 신호 부하 등의 조건으로 인하여 구현이 매우 어렵다. 현재 전력선 통신 기술의 경우 LonWorks사, Maxim.사의 1-wire 등의 기술과 함께, 홈네트워크 등의 관

련 국내 기술 연구 개발 및 표준화 활동이 수행되고 있으며 관련된 상용제품도 출시되고 있다. 이러한 전력선 통신은 가정 및 산업용 전원의 대부분인 교류 전력선을 통하여 데이터 통신을 가능하게 한다. 전력선 통신에서 전력 보다 낮은 값의 전압을 갖는 데이터 신호를 전력선에 여러 가지 방법으로 변조하여 전송하고 있다. LonWorks1, 1-Wire 등의 기존의 전력선 통신은 회로가 내장된 전용 칩을 사용하며 전력선과 연결하기 위한 드라이브 회로가 부가적으로 추가되어야 하므로 비용이 추가되며 칩보다 큰 크기의 부가회로가 추가된다. 이는 근거리, 소형의 제어장치를 간단한 접속장치에 의하여 호스트 시스템과 연결하고자 할 때, 전력선 통신 모뎀이 제어장치보다 크고, 가격이 높을 경우가 많으며, 프로토콜을 지원하기 위하여, 메인 프로그램에서 추가되는 드라이버 프로그램이 증가되는 경향이 있다. 본 연구에서는, 직류 전원을 사용하는 클라이언트들과 호스트가 비교적 근거리에 연결되어 있으며, 클라이언트 부하가 비교적 작은 경우, 고주파 변조 회로, 전력선 모뎀 등의 복잡한 회로를 사용하는 대신, 전력선의 전위를 전송 신호에 따라 변동하도록 하여 부가되는 회로를 가능한 소형화 한 드라이버 회로를 제시하고 실험으로 그 결과를 확인하였다. 본 연구에서는 직류 전원에 직렬데이터를 전송하기 위하여, "1"과 "0"의 데이터에 대하여, 두 가지의 직류전원을 사용한다. 두 가지의 전압을 사용할 때, "1"과 "0"에 대하여 양의 전압과 0[V], 음의 전압과 0[V]을 사용할 경우 "0" 신호가 지속될 때 전원공급이 부족할 가능성이 있다. 또는 "1"과 "0"에 대하여 양의 전압과 음의 전압을 사용하는 경우, 항상 전원이 공급할 수 있지만, 양의 전압과 음의 전압을 위한 두 가지 극성의 전원이 필요하다. 본 논문에서는 전원이 항상 공급되고, 단일 극성의 전원을 사용하는 방식으로 "0"과 "1"에 대하여 두 가지의 양의 전압( $V_h$ ,  $V_l$ )을 사용하도록 하였다. 전체 주기에 대하여 HIGH 값을 유지하고 있는 시간이 더 길기 때문에,  $V_h$  값을  $V_l$  값보다 높도록 하여 보다 많은 전력이 공급되도록 하였다. LOW의 값을 전송하고자 할 때, 전력선에 공급되는 전압을  $V_h$ 에서  $V_l$ 로 낮추어 공급하도록 한다. 전력선에 전원을 공급하는 기능은 호스트에서

수행하며, 호스트는 전송하고자 하는 데이터의 값에 따라, 두 가지 전압  $V_h$ 와  $V_l$  중 하나를 선택적으로 공급한다. 호스트에서 전송한 데이터를 클라이언트에서 수신할 때, 전력선의 전압에서 전원을 공급 받아서, 클라이언트의 동작전원으로 사용하며, 전력선 전압이  $V_h$  또는  $V_l$ 에 따라 데이터 값을 복구하여 수신한다. 하나의 호스트에 여러 개의 클라이언트를 다중 접속할 경우, 각각의 클라이언트는 ID를 부여 받으며 호스트에서 클라이언트에게 ID를 사용하여 데이터 패킷을 전송한다. 이때 모든 클라이언트는 호스트의 전송 패킷을 모두 수신하며 자신의 ID와 같은 데이터 패킷만 수신한다. 호스트가 데이터 전송을 종료한 다음, 클라이언트가 데이터를 전송한다. 호스트가 데이터 전송을 종료하면 전력선의 전압은 평상시 HIGH에 대한 전압  $V_h$ 으로 복귀한다.

클라이언트가 데이터를 전송하는 경우, 클라이언트의 데이터 값에 따라, 전력선 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 강하시키는 회로가 필요하다. 그런데 호스트는  $V_h$ 를 공급하고 클라이언트에서  $V_l$ 로 유지하게 되면  $V_h$ - $V_l$  크기의 전압이 호스트와 클라이언트의 드라이버 회로에 인가되며 드라이버 부분에 과도한 전류가 흐르게 되어 결국 회로가 정상적인 기능을 수행할 수 없다. 이를 해결하기 위하여, 호스트에서는 전력선의 전압을 감지하여 클라이언트에 의하여 전압이  $V_h$ 에서  $V_l$ 로 강해질 때, 호스트는 공급 전압을  $V_h$ 에서  $V_l$ 로 전환하도록 하면 이 문제를 해결할 수 있다.

클라이언트에서 LOW를 전송하다가 HIGH를 전송할 때, 전력선의 전압을  $V_l$ 에서  $V_h$ 로 상승되어야 한다. 전력선에  $V_l$ 이 유지되는 동안에 호스트가 전압  $V_l$ 을 공급하고 있으므로, 호스트가 전력선 전압이  $V_l$ 에서  $V_h$ 로 상승되어야 하는 것을 감지해야 한다. 이를 클라이언트에서 호스트가 알도록 하기 위하여 전력선의 전압을  $V_l$  보다 약간 높은 전압을 유지하도록 하고,  $V_l$  보다 약간 높은 전압을 감지한 호스트는 공급 전압을  $V_l$ 에서  $V_h$ 로 전환하도록 한다.

이상과 같이, 클라이언트에서 전송하는 데이터에 따라 호스트가 전력선에 인가되는 전압을  $V_h$ 와  $V_l$

가운데 선택적으로 인가하도록 한다. 이는 클라이언트에서 전압이 HIGH에서 LOW로 변할 때와 LOW에서 HIGH로 변하는 것을 호스트가 감지하고 공급 전압을 선택하도록 한다. 본 연구에서 제안한 전력선 통신 방법의 기능과 성능을 확인하기 위하여, 호스트와 여러개의 클라이언트를 RS232C 직렬통신에 의하여 접속하여 실험을 실시하여 확인하도록 하였다.

### 3. 드라이버 구현 및 실험

제시한 전력선 통신을 위한 송수신 신호에 대한 전원 드라이브 회로는 그림 1에서 보인다. 직렬통신으로 RS232C 프로토콜을 사용하였으며 호스트에서 HIGH 신호는 직류 24[V], LOW 신호는 직류 18[V]의 전압을 전송하도록 하여 클라이언트들에 항상 전압이 공급되도록 하였다. 그리고 통신 방식은 공통선 선로를 사용하기 때문에 호스트 또는 클라이언트에서 한순간에 하나만 데이터를 전송하는 반 이중전송(Half Duplex)방식을 사용하였다.

그림 1에서 TR Q1은 HIGH 데이터 전송을 위하여 전원통신선 V+에 24[V] 전압을 공급하며, TR Q2는 LOW 데이터 전송을 위하여 전원통신선 V+에 18[V]를 공급한다. 따라서 Q1과 Q2의 ON/OFF 스위칭 동작은 전송하고자 하는 직렬통신 값 "1" 또는 "0"에 따라 서로 반대로 동작하게 된다.

데이터 값에 따른 24[V] 및 18[V] 두가지의 전력선 전압은 V+를 통하여 호스트에서만 공급되므로 호스트가 클라이언트에 데이터를 전송하는 경우에는 호스트에서 전송하는 직렬 데이터 값에 따라, Q2, Q1을 각각 구동하여 V+에 24[V]와 18[V]를 각각 인가할 수 있다. 그러나 이와 반대 방향으로 클라이언트에서 호스트로 직렬 데이터를 전송하는 경우, 호스트는 클라이언트가 전송하고자 하는 데이터 값을 알 수 없으므로, Q1과 Q2 중 어느 것을 구동할지 결정할 수 없다.

클라이언트에서 호스트로 데이터를 전송할 경우에도, 클라이언트에서 HIGH 신호를 보낼 경우에는 전력선 V+의 전압을 24[V]를 유지하고 LOW 신호를 보낼 경우에는 전력선 전압을 18[V]가 되도록 한

양방향 다중직렬통신을 위한 이중전압 직류 전력선 통신 드라이버 구현

다. 이 경우 그림 2에서 TXD1을 통하여 데이터 “1”을 전송하기 위한 전압 24[V]를 유지하기 위하여 클라이언트는 전력선의 평상시 전압이 24[V]이므로 이에 아무런 동작을 할 필요가 없다. 그러나, 데이터 “0”를 전송하기 위하여 전력선 V+의 전압을 24[V]에서 18[V]로 강하시키기 위하여 TR을 사용하여 pull down 기능을 수행한다.

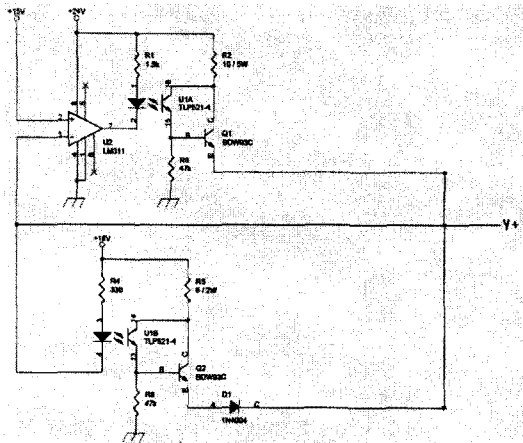


그림 1. 전원 드라이버 회로  
Fig. 1. Power source driver circuit

클라이언트가 데이터 “0”을 전송하다가 데이터 “1”을 전송하기 위하여 pull down TR의 동작을 차단하여 전력선 전압을 18[V]에서 다시 24[V]로 상승시켜야 하는데, 클라이언트는 전압전원을 제어할 수 없으며, 호스트만 전압전원을 제어할 수 있으므로, 클라이언트는 호스트에게 pull down TR의 동작이 차단되었음을 알도록 하여야 한다.

이처럼 클라이언트가 전송하는 데이터 값에 따라, 호스트는 24[V] 또는 18[V]를 선택적으로 공급하기 위해, 전력선 V+의 전압의 변동을 감지하도록 비교기(U2)를 사용하였다. 비교기는 V+의 전압이 15[V] 이상일 때 Q1을 ON, Q2를 OFF시켜 24[V]가 V+에 공급되게 하고, V+의 전압이 15[V] 이하일 때, Q2를 ON, Q1을 OFF시켜 18[V]가 V+에 공급되도록 한다. 따라서, 클라이언트가 LOW 신호를 전송하기 위하여 그림 2의 회로도에서 pull down TR Q4를 동작하면 V+의 전압은 제너다이오드의 제너전압인 12[V]

이며, 이때, Q4 TR (BDW93C)는 스위칭 모드에서 동작하도록 bias가 정하여졌으므로, Q4의 Vce 값은 2[V]가 되어 V+의 전압은 14[V]를 유지하게 된다.

그림 1에서 저항 R5와 TR Q2, 다이오드 D1에 걸리는 전압은 18[V]와 V+의 전압인 14[V]의 차이, 즉 4[V]가 된다. 이때 역시 TR Q2의 Vce 전압은 2[V], 다이오드 D1의 순방향 전압은 0.7[V]이므로, 저항 R5 양단간의 전압은 1.3[V]가 된다. 저항은 1.3[V]의 전압에 의한 전력 소모를 충분히 견딜 수 있도록 용량을 정한다. 이때 V+의 전압은 12[V]로 비교기에서 15[V] 이하이므로 Q2가 계속 On 상태를, Q1은 계속 OFF 상태를 유지하여 회로의 동작은 안정을 유지한다. 클라이언트가 HIGH 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 2.7[V]를 감한 15.3[V]가 된다. 이때 V+ 전압은 비교기에 15[V]보다 높으므로, Q2는 OFF 상태가 되고, Q1은 ON 상태가 되어, V+에 24[V]가 인가되게 된다. 즉, pull down TR Q4가 off 될 때 V+의 전압이 15[V] 보다 약간 높게 되면 Q1이 On 되고 Q2가 OFF 되어 V+의 전압은 24[V]로 되돌아가게 되고 이 상태를 유지하여, 회로의 동작은 안정을 유지한다.

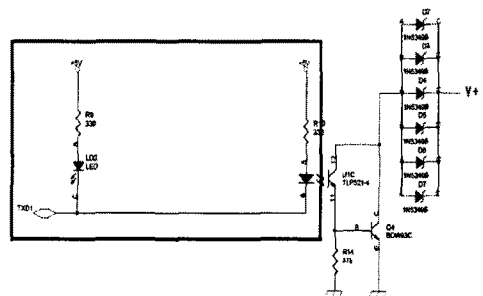


그림 2. 직렬데이터 송신회로  
Fig. 2. Serial data transmitter circuit

한편 호스트의 송신 회로 역시 클라이언트의 송신 회로와 동일하게 사용하여 HIGH, LOW의 데이터 호를 전송하게 되고 그에 따라, Q1 TR과, Q2 TR이 서로 반대로 동작되도록 한다.

데이터 수신회로 부분은 송신부 회로에 비하여 간단하다. 전력선 전압  $V_{+}$ 이 24[V] 및 15.3[V]의 두가지 값을 가지게 되므로, 이를 구분할 수 있는 전압을 기준으로 그보다 높은 전압인지, 낮은 전압인지 구별하여 HIGH, LOW 데이터를 구분할 수 있다.

그림 3에서 수신부 회로를 보이고 있다. 본 회로에서 18[V]의 전원을 사용하므로, 18[V]를 기준으로 전력선 전압  $V_{+}$ 를 비교하여 “1”, “0”의 신호를 복구한다. 회로의 동작은,  $V_{+}$ 의 전압이 24[V]일 때, 포토커플러 UID의 포토다이오드가 역방향으로 바이어스가 되어, 포토커플러의 포토트랜지스터는 OFF 상태가 되어 포토트랜지스터의 컬렉터 전압은 5[V]가 되며, Inverter 74H04 (U9A, U9B)를 통하여 RXD1 값은 “1” 값을 수신하게 된다.

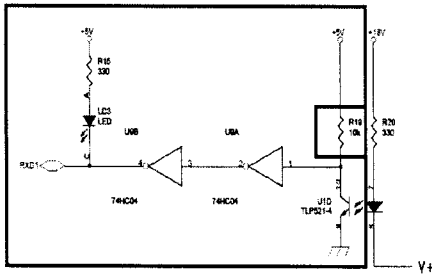


그림 3. 직렬 데이터 수신회로  
Fig. 3. Serial data receiver circuit

그림 4에서는 호스트 시스템의 회로를 보이고 있으며, AVR 프로세서의 직렬 포트를 사용하여 RS232C 프로토콜로 데이터를 송수신하도록 하였다 [4-5]. 그림 5는 클라이언트 시스템 회로도 보인다. 호스트 시스템과 마찬가지로 AVR 프로세서의 직렬 포트를 사용하여 RS232C 프로토콜로 데이터를 송수신하도록 하였다. 클라이언트는 전력선에 의한 공통선 다중접속 통신을 수행하므로, 8비트 DIP 스위치에 의한 ID를 부여하고 ID를 이용하여 데이터 패킷을 전송하여 각각의 클라이언트가 호스트시스템에서 구분되도록 하였다. 클라이언트를 5개 제작하여 호스트에 연결하고 24[V] 전원과 18[V] 전원을 연결하고, 오실로스코프에 의하여 전원선 파형을 관찰하였다[6-7]. 클라이언트를 5개 연결하였으며 110[bps]부터 그 이상의 전송속도로 호스트에서 각

각의 클라이언트와 데이터 패킷을 송수신하였으며 300[bps] 이하의 전송속도에서 파형왜곡 없이 정상적인 통신을 보였다[8].

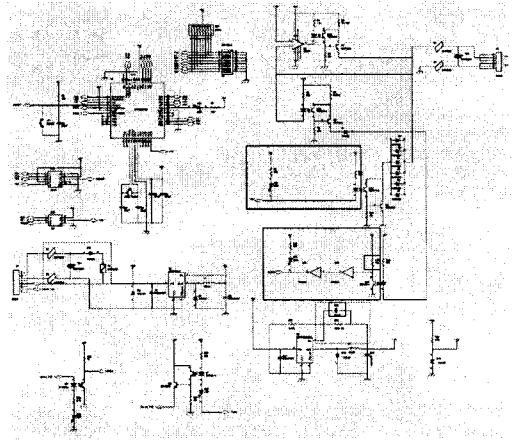


그림 4. 호스트 시스템의 드라이버 회로  
Fig. 4. Host system with driver circuits

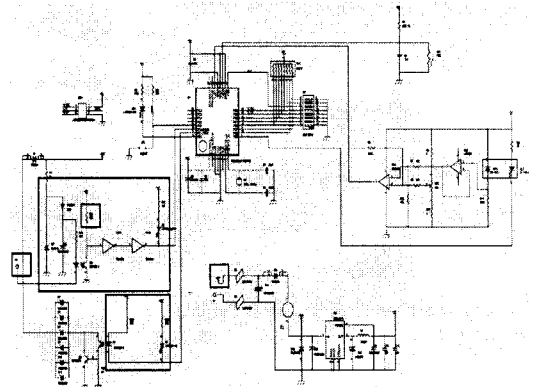


그림 5. 클라이언트 시스템의 드라이버 회로  
Fig. 5. Client system with driver circuit

실험과정에서 24[V] 전원의 소모 전류는 133[mA]였으며, 18[V]전원의 소모 전류는 30[mA]였다. 소모 전류는 클라이언트의 전원 부하 및 통신신호 부하에 의하여 결정되며, 통신신호 부하는 전원 부하에 비하여 매우 적은 전류를 소모하므로, 24[V], 18[V]의 소모 전류는 거의 전부 전원 부하이다. 따라서, 클라이언트의 설계에 따라, 전원 부하가 다르며, 그림 5와 같은 클라이언트 시스템은 24[V]전압은 약 17[mA]를 사용하며, 18[V]는 약 4[mA]로 24[V] 보

## 양방향 다중직렬통신을 위한 이중전압 직류 전력선 통신 드라이버 구현

다 적은 양의 전류를 소모하였다. 그림 6에서 가로축은 시간으로 한칸이 10[msec]를 나타내고, 세로축은 전압으로 전력선에 연결된 클라이언트의 부하 영향으로 21.4[V]에서 13.4[V]사이를 유지하고 있음을 보이고 있다. 데이터 파형은 클라이언트의 전원 부하에 따라 크게 영향을 받으며, 이는 데이터의 전송 속도에 직접적인 영향을 준다.

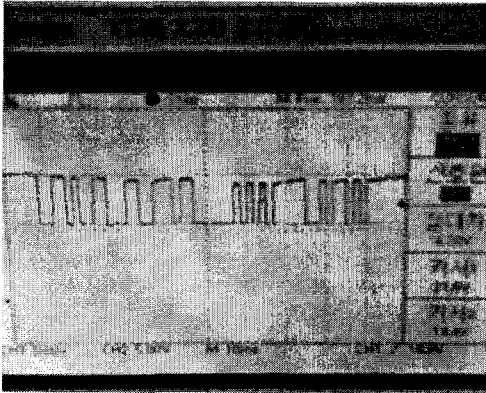


그림 6. 실험 시스템의 데이터 파형  
Fig. 6. Data waveform for experimental system

통신 파형은 24[V]에서 18[V]로 하강하는 모서리와 18[V]에서 24[V]로 상승하는 모서리에서 가장 큰 영향을 받는다. 이 두 가지 모서리의 기울기는 18[V]에서 24[V]로 상승하는 모서리는 그림 1의 24[V]를 공급하는 TR Q1의 구동 전류 용량 및 클라이언트의 전원 부하의 저항 및 캐패시턴스 값에 따라 결정된다. 클라이언트의 부하 저항 값에 따라 HIGH 신호의 전압값이 영향을 받으며 클라이언트 개수가 늘어나면 신호의 전압 값이 하강하며, 전원 부하의 캐패시턴스 값에 따라, 상승 모서리의 기울기가 결정되는데, 클라이언트 개수가 늘어나면, 부하 캐패시턴스 값이 증가하여 상승 모서리의 기울기가 완만하게 되어, 파형의 상승 속도가 줄어든다[9].

24[V]에서 18[V]로 하강하는 모서리는 그림 1의 18[V]를 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.

실험에서 사용한 TR의 용량은 1[A]이며, 제너 다

이오드의 용량은 24[V]에서 18[V]로 신속하게 하강하도록 1[A] 이상으로 설계하였다.

파형의 상승 속도를 개선하기 위하여 24[V] 공급 TR Q1을 용량이 큰 것으로 대체하여 공급 전류를 증가할 수 있으나, 이러한 경우, 파형을 신속하게 하강하기 위하여 증가된 전류량을 충분히 흘릴 수 있는 pull down TR Q4의 용량이 증가하여야 한다.

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. 그림 6에서 파형을 보면, 모서리의 상승 속도가 하강 속도보다 느림을 볼 수 있다. 이는 호스트에서 본 클라이언트의 전원 부하에 따른 영향으로 클라이언트의 개수가 증가함에 따라, 모서리의 상승 속도가 계속 감소하는데 비하여 하강 속도는 별로 영향 받지 않았다. 이러한 파형 모서리의 상승 하강 속도는 클라이언트의 전원 부하에 따라 결정된다.

## 4. 결 론

본 논문에서는 직류 전원을 사용하여 호스트에 여러 개의 클라이언트를 접속하여 전력선과 접지 두 개의 선로에 의하여 전원과 직렬 데이터 통신을 수행하기 위한 드라이브 회로를 제시하고 이를 이용하여 호스트 시스템과 클라이언트 시스템을 설계 제작하여 실험을 실시하여 결과를 확인하였다. 전력선을 사용하여 5개의 클라이언트를 연결하고 각 클라이언트에 8비트의 ID를 부여하고 호스트와 클라이언트 간의 통신 패킷을 양방향으로 전송하였으며 통신 파형의 왜곡이 없을 때 패킷 손실없이 통신이 정상적으로 수행되었다. 실험을 통하여 전력선 통신 파형의 왜곡이 가장 중요한 요소였으며, 통신 파형의 왜곡을 중심으로 다양한 전송 속도로 데이터를 전송하였다. 실험을 통하여 호스트와 클라이언트 사이에 전원 부하가 통신 신호 부하보다 훨씬 크며, 파형 왜곡은 클라이언트의 전원 부하에 의하여 주로 결정되는 것을 알 수 있었다. 제작된 클라이언트들을 5개를 100[m] 길이의 선로에 연결하여 다양한 전송 속도로

데이터를 송수신하였을 때, 300[bps] 이하의 속도에서는 파형의 상승, 하강 모서리가 왜곡 없었으며, 그 이상의 전송 속도에서는 파형의 모양이 RC 성분에 의한 왜곡으로 정상적인 데이터 전송이 이루어지지 못하였다. 실험 결과에서, 데이터의 전송 속도를 높이기 위하여 클라이언트의 전원 부하를 감소하도록 설계하여야 함을 알 수 있었다. 통신 속도를 늘이고, 파형의 왜곡을 줄이기 위하여, 클라이언트를 설계할 때, 전원 부하를 감소하도록 설계하는 것이 필요하다. 제안한 방법은 최소의 TTR과 수동소자를 사용하여 다중접속 전력선 양방향 통신을 구현하는데 응용될 수 있다.

이 연구는 2008년 단국대학교 대학연구비 지원으로 수행되었음.

### References

- (1) 한경호, 곽희수 “충돌검지 다중접속 프로토콜에 의한 2선식 RS232C 직렬통신 인터페이스 구현”, 한국조명전기설비학회, 제17권 제3호, pp11-17, 2003.
- (2) 한경호, 김대성, “효율적인 음성신호의 전송을 위한 4배속 가변 변환율 ADPCM기법및 DSP를 이용한 실시간 구현”, 한국조명전기설비학회, 제18권 제1호, pp129-136, 2004.
- (3) 한경호, “배경잡음에서 가변임계값에 의한 DualRate ADPCM 음성부호화기법”, 한국조명전기설비학회, 제17권 제6호, pp154-159, 2003.
- (4) 주)한백전자, “임베디드 리눅스 시스템 HBE-EMPOSI”, pp1165, 2004.

- (5) 한경호, “웹 기반 하드웨어 원격감시 및 제어를 위한 초소형 내장형 웹 서버 시스템의 구현”, 한국조명전기설비학회, 제20권 제6호, pp104-110, 2006.
- (6) 김희수, “무선랜 기반의 ARM 프로세서를 이용한 PMP 구현”, 단국대학교 대학원 석사학위논문, pp. 5-9, 2007.
- (7) Tarik Ozkul, “Data Acquisition and Process Control using Personal Computers”, Dekker, 1996.
- (8) Mark, Nelson, “Serial Communications”, M&T Books, 2000.
- (9) John Hyde, “USB Design by Example”, intel, 1999.

### ◆ 저자소개 ◆

#### 한경호 (韓敬浩)

1959년 6월 25일생. 1982년 서울대학교 공과대학 전자공학과 졸업. 1984년 서울대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1992년 미국 Texas A&M University, College Station 졸업(PhD). 1984~1985년 삼성휴렛팩카드 연구원. 1985~1987년 한국통신 전임연구원. 1989~1992년 Texas A&M University, Unix System Administrator & Network Analyst. 1992~1993년 한국전자통신연구원 이동통신연구단 CDMA 개발 선암연구원. 1993~1995년 단국대학교 전기공학과 전임강사. 1995~1999년 단국대학교 전기공학전공 조교수. 1999~2005년 단국대학교 전기전자컴퓨터공학 전공 부교수. 2005년~현재 단국대학교 전자전기공학부 교수. 관심분야: 마이크로프로세서 응용시스템, 임베디드 시스템, 지능형 로봇시스템, 지능형교통시스템(ITS), 위치기반시스템(LBS).

#### 황하운 (黃河允)

1981년 11월 3일생. 2009년 2월 단국대학교 공과대학 전자전기공학부 졸업.