

# 저임피던스 전력선 채널 환경에 적합한 통신을 위한 구동 회로 설계

## (Drive Circuit Design for Smooth Communication in Low Impedance Power Line Channel Environment)

崔太燮\*, 崔銀範\*\*, 司空石鎭\*\*

(Tae-seop Choi, Eun-bum Choi, and Sug-chin Sakong)

### 요 약

홈오토메이션 시스템은 보통 데이터 양이 많지 않아 저속 전력선 통신을 사용하는데, 저속 전력선 통신은 대역 확산 방식과 위상 변조 방식이 사용된다. 이 통신 방식은 신호의 정보가 진폭에 없고, 위상 변화에 있으므로 본 논문에서는 신호가 두 개의 상태로 되는 D급 증폭 회로를 사용하여 저임피던스를 가진 전력선 채널에서 적합한 통신이 되도록 하였다. 현재 전력선 모뎀에 사용되는 전압 구동 회로와 전류 구동 회로를 제작하고, 본 논문에서 설계한 D급 증폭 회로를 이용한 구동 회로와 비교 실험을 하였다. 실험 결과 본 논문에서 설계한 구동 회로가 다른 구동 회로보다 낮은 전력선 채널 임피던스에 대하여 전달 특성이 우수함을 보였다.

### Abstract

As most of the powerline modems use spread spectrum modulation method which has strong immunity against the narrowband fading, or psk modulation method, the amplitude of the signal contains no useful informations. In this paper, we used class D amplifier to implement the drive circuit of the analog front end, and showed that it has great superiority over other existing drive circuits in rapidly impedance changing powerline channel.

### I. 서 론

오래 전부터 전력선을 이용하여 홈오토메이션 시스템(Home Automation System)이 개발되었다. 전력선을 이용하여 홈오토메이션 시스템을 구축하면 새로운 배선을 하기 위한 시간과 비용을 절약하게 되는 장점이 있다. 그러나 전력선은 수많은 전자 제품들이 연결되어 급격한 임피던스 변화를 일으키고, 잡음을 발생시켜 신호의 전송이 어렵다.

홈오토메이션 시스템은 디지털 가전 제품, 조명, 난방 등 평상시 동작을 주로 하는 시스템과 방범 장비, 화재 경보 등의 비상시 동작을 주로 하는 시스템이 있다. 비

상시 동작을 하는 시스템의 경우 열악한 채널 환경에서도 정상 동작을 하여야 하므로 신호의 구동 회로의 설계가 중요하다.

비상시 동작을 주로 하는 시스템은 데이터 양이 많지 않아 저속 전력선 통신이 사용되는 데, 저속 전력선 통신은 대부분 대역 확산 방식과 위상 변조 방식이 사용된다.[1][2] 이런 통신 방식은 정보가 신호의 크기에 없고, 신호의 위상 변화에 있으므로 본 논문에서는 D급 증폭기를 이용하여 저임피던스를 가진 전력선 채널에서도 신호의 감쇠를 줄여 적합한 통신이 되도록 하였다.

본 논문에서는 기존에 개발 되어서 사용되고 있는 구동 회로인 전압 구동 회로와 전류 구동 회로를 설계 하고 본 논문에서 제안한 D급 증폭기와 비교 실험하였다.

## II. 구동 회로 설계

### 2.1 아날로그 전단부(Analog Front End)

디지털 통신은 아날로그 통신에 비해서 잡음에 의해서 신호가 왜곡되더라도 복원이 용이하다. 그러나 디지털 통신이라도 실제 채널을 통해 신호를 전달할 때에는 아날로그 신호를 이용한다. 그래서 아날로그 전단부 회로를 통해 디지털 신호를 아날로그 신호로 바꾸어서 전송한다.[3]

아날로그 전단부는 그림 1과 같이 송신부(Tx)와 수신부(Rx)로 구성되어 있다.

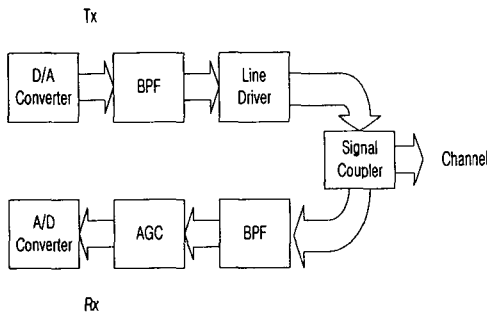


그림 1. 아날로그 전단부 구성도  
Fig 1. Block Diagram of Analog Front End

송신부는 디지털-아날로그 변환기(D/A Converter), 대역 통과 필터(Band Pass Filter), 구동 회로(Drive Circuit)로 이루어져 있고, 수신부는 대역 통과 필터, 자동 이득 조절기(Automatic Gain Controller), 아날로그-디지털 변환기(A/D Converter)로 이루어져 있다.

본 논문에서는 아날로그 전단부 회로 중 구동 회로에 대해 연구하고, 여러 가지 구동 회로를 비교 실험하였다. 아날로그 전단부의 구동 회로는 전압 구동 방식과 전류 구동 방식으로 나눌 수 있다. 전압 구동 방식은 일정한 부하에서 일정한 출력 전압이 공급되어 부하 임피던스와 채널의 임피던스의 변화로 인해 신호

의 감쇠가 심하다. 따라서 임피던스의 변화에 맞는 이득을 설정해야 하는데 전력선 채널의 경우 임피던스의 변화를 예측할 수 없으므로 그 이득의 설정이 어렵다. 반면에 전류 구동 방식은 임피던스의 변화에 따라 출력 전류가 바뀌어 흐르기 때문에 임피던스의 변화에 따른 신호의 감쇠가 적고 전압 구동 방식에 비해 회로 구현이 쉽다.[4]

### 2.2 전압 구동 회로 (Voltage Drive Circuit)

그림 2는 연산 증폭기를 사용하여 구성한 전압 구동 회로이다. 저항 R1과 R2과 같고, R3와 R4가 같다면 차동 증폭기의 이득은 식 3과 같다.[4]

$$V_{in} = V_{Tx+} - V_{Tx-} \quad (1)$$

$$V_{out} = V_{Coupler+} - V_{Coupler-} \quad (2)$$

$$V_{out} = -\frac{R_3}{R_1} \cdot V_{in} \quad (3)$$

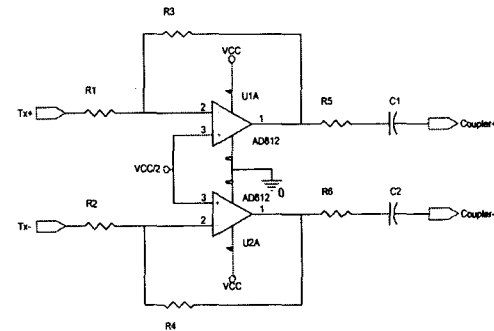


그림 2. 전압 구동 회로  
Fig 2. Voltage Drive Circuit

하나의 전원을 사용하기 위해 연산 증폭기의 비반전 입력에는 공급 전원의 절반을 저항으로 분배하여 연결하였다.

전압 구동 회로는 신호의 감쇠를 감인할 때, 차동 증폭기의 이득을 크게 하면 좋지만 연산 증폭기의 출력 전류에 제한이 있으므로 이득을 크게 할 수 없다. 또한 전력선 채널의 임피던스의 급격한 변화로 인하여 연산

증폭기의 출력 전류가 규격보다 커질 수 있으므로 전류 제한을 목적으로 하는 저항  $R_6$ 와  $R_6$ 를 연결해야 한다. 하지만 전력선의 임피던스 분포가 그림 3과 같이 다양한 분포를 갖고 있으므로 전력선 채널 임피던스가 낮을 때 저항  $R_6$ ,  $R_6$ 으로 인하여 시스템 자체에서 신호의 감쇠가 발생하므로 적합한 전력선 통신을 위한 전압 구동 회로의 구현이 어렵다.[4]

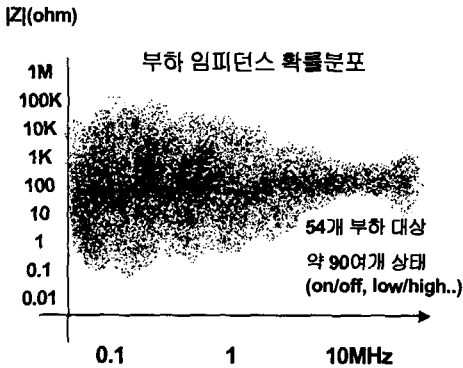


그림 3. 부하 임피던스 확률 분포  
Fig 3. Probability Distribution of Load Impedance

### 2.3 전류 구동 회로 (Current Drive Circuit)

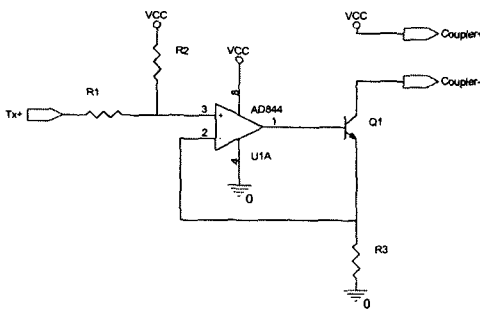


그림 4. 전류 구동 회로  
Fig 4. Current Drive Circuit

그림 4은 연산 증폭기(Operational Amplifier)와 바이폴라 접합 트랜지스터(Bipolar Junction Transistor)를 연결하여 구성된 전류 구동 회로이다. 하나의 전원을 사용하기 위하여 입력 전압에 오프셋 전압(Offset

Voltage)을 갖도록 하였다. 저항  $R_3$ 에 걸리는 전압은 연산 증폭기의 비반전 단자와 반전 단자의 전위차가 0이기 때문에 항상 비반전 단자와 같다. [4]

입력 전압의 변화에 따라  $R_3$ 에 걸리는 전압도 변하게 되며 출력전류는 부하에 상관없이  $R_3$ 의 저항 값과 걸리는 전압에 의해 결정된다. 부하에 최대 전력을 전달하기 위해서는  $R_3$ 의 저항 값이 채널의 임피던스와 같은 값을 가져야 한다. 전력선의 채널 임피던스가 변하므로 저항 값을 결정하기 어려우므로 채널 임피던스의 변화 범위 중 가장 낮은 값으로 결정해야 한다.

### 2.4 D급 증폭 회로 (Class D Amplification Circuit)

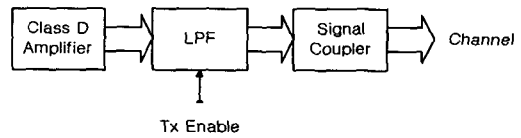


그림 5. D급 증폭 회로 구성도  
Fig 5. Block Diagram of Class D Amplification Circuit

그림 2의 전압 구동 회로는 출력 전압은 일정하지만 전류의 제한이 있고, 채널 임피던스의 변화에 따라 신호의 감쇠가 심해지며, 그림 4의 전류 구동 회로는 채널의 임피던스와 부하 임피던스가 커지면 출력 전압이 커지고 신호가 없을 때에도 오프셋 전압이 있어서 트랜지스터가 항상 활성 영역에서 동작하여 전력 소비가 크다.

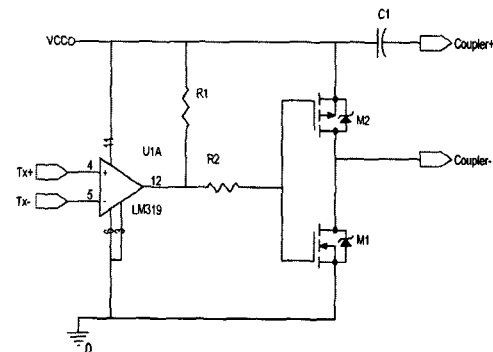


그림 6. D급 증폭 회로  
Fig 6. Class D Amplification Circuit

하지만 그림 6의 D급 증폭 회로는 전류 구동 방식으로 신호의 감쇠가 적으면서 채널의 임피던스가 변하더라도 출력 전압의 침투치가 공급 전원으로 고정된다. 트랜지스터의 동작점의 위치를 활성영역에서 포화 영역과 차단 영역으로 바꾸었으므로 전력 소비가 적다.[5]

D급 증폭 회로의 출력은 펄스 형태의 파형이므로 고주파수 성분이 크므로 그림 5와 같이 저역 통과 필터(Low Pass Filter)를 사용하여 원하는 주파수의 신호만 통과하도록 한다. 다만 수신할 때 수신부의 임피던스가 작아지면 신호의 수신이 어려우므로 신호를 송신할 때에만 저역 통과 필터가 동작하도록 하여 송수신이 모두 원활하게 하였다.

### III. 비교 실험

#### 3.1 실험 방식

같은 전력선 모델의 출력을 각 구동 회로의 입력으로 하고 각 구동 회로의 출력단에 저항 부하를 10[Ω], 50[Ω] 까지 가변하면서 연결하여 출력 전압의 변화를 보았다.

표 1. 부하 변동에 따른 출력 전압 비교

Table 1. Output Voltage Comparison by Load Fluctuation

부하	전압 구동 회로 출력	전류 구동 회로 출력	D급 증폭 회로 출력
10 [Ω]	3.78 [V]	4.38 [V]	13.3 [V]
50 [Ω]	9.8 [V]	12.22 [V]	15.3 [V]

표 1은 부하를 10[Ω], 50[Ω]으로 하여 각 구동 회로의 출력 전압을 보여준다. 50[Ω]보다 큰 부하 임피던스에 대해서는 모든 구동 회로가 출력 전압이 크기 때문에 통신하는 데에 문제가 없다고 판단된다. 다만 전류 구동 회로의 경우 그림 3의 저항 R3의 값을 10[Ω]으로 설정하였기 때문에 부하 임피던스가 10[Ω]보다 크다면 출력 전압은 부하가 커짐에 따라 계속 증가할 것이다.

표 1은 10[Ω] 저항 부하에 대해서 전압 구동 회로와 전류 구동 회로보다 D급 증폭 회로의 신호 감쇠가 가

장 작은 것을 보여 준다. 이것은 부하 임피던스가 낮을 때나 거리가 멀 때 아날로그 전단부의 구동 회로로써 D급 증폭 회로를 사용하는 것이 가장 효과적이라는 것을 보여준다.

그림 7과 그림 8은 10[Ω]과 50[Ω]의 저항 부하를 출력단에 연결했을 때 본 논문에서 제안한 구동 회로의 저역 통과 필터의 출력 파형을 보여준다.

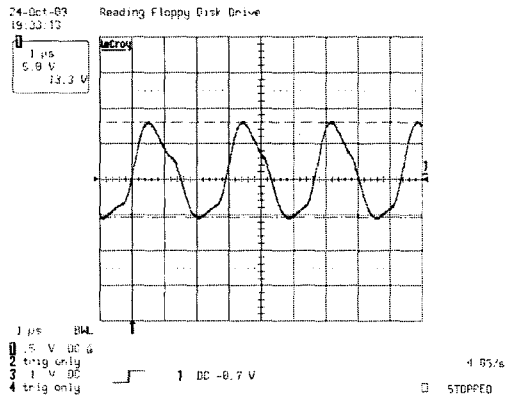


그림 7. 10[Ω] 부하일 때 출력 파형

Fig 7. Output waveform of 10[Ω] Load

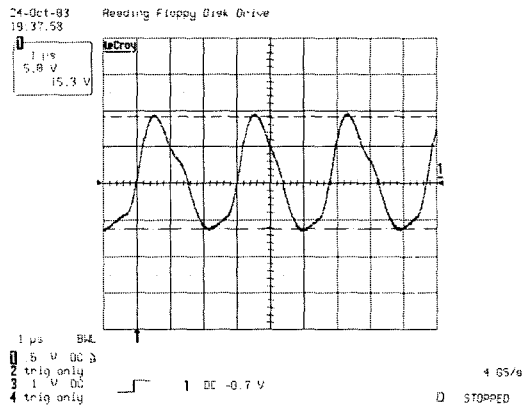


그림 8. 50[Ω] 부하일 때 출력 파형

Fig 7. Output waveform of 50[Ω] Load

## V. 결론

## 참고문헌

본 논문에서 제안한 D급 증폭 회로를 사용한 구동 회로는 저속 전력선 통신을 하는 모뎀에 사용할 수 있다. 저속 전력선 통신은 보통 데이터 양이 적은 비상시에 동작하는 시스템에 사용되며, 이 시스템은 열악한 채널 환경에서도 반드시 정상 동작을 하여야 사고를 예방할 수 있다. 본 논문에서는 채널 환경을 열악하게 하는 원인 중 하나인 전력선의 임피던스 저하에 대하여 기존의 구동 회로와 비교 실험하여 제안한 구동회로가 가장 우수한 성능을 가짐을 보였다.

- [1] <http://www.keyintelecom.com>
- [2] <http://www.planetsys.co.kr>
- [3] 추승호, "전력선 모뎀의 아날로그 전단부 설계에 관한 연구," 서울대학교, 2001.
- [4] 김일수, "전력선 모뎀의 Analog Front End 최적 설계에 관한 연구," 국민대학교, 2002.
- [5] Donald L. Schilling, Charles Belove 저, "Electric Circuits discrete and integrated".
- [6] Ian. Glover, Peter Grant 저, "Digital Communications".
- [7] 최우혁 저. "전력선 통신에 대한 정책동향," 정보통신부.
- [8] "전력선 통신 기술," 플라넷.

---

### 저 자 소 개

崔太燮(正會員) 第40卷 TE編 第3號 參照

司空石鎮(正會員) 第40卷 TE編 第1號 參照

崔銀範(學生會員) 第40卷 TE編 第1號 參照