

안테나 임피던스를 이용한 공진형 FSK 송신기

황선도*, 조규민**, 인치각**
 유한대학*, PELKOREA**

A Resonant FSK Transmitter Using Antenna Impedance

Hwang Sun Do*, Cho Kyu Min*, In Chi Gak**
 Yuhan College*, PELKOREA**

Abstract - This paper proposes a FSK(Frequency Shift Keying) transmitter which has a inverter for power amplification instead of linear amplifier. As it can generate large signal using resonant circuit under the low voltage source even if the impedance of antenna is large as like a loop antenna of TWC(Train to Way-side Communication) system. In this paper, the proposed fully digital controlled transmitter including FSK modulation is presented and its control schemes are discussed.

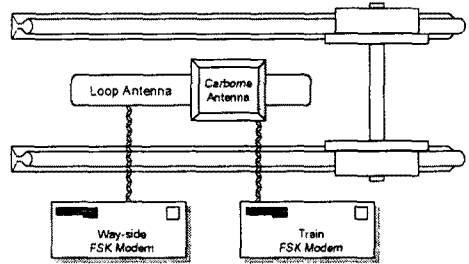


그림 1 TWC 시스템 개요

표 1 FSK 송수신 주파수 (TWC)

지상측 -> 차상측	H (1)	32kHz
	L (0)	40kHz
차상측 -> 지상측	H (1)	56kHz
	L (0)	64kHz

1. 서론

일부 근거리 유선 통신 및 광통신을 제외한 대부분의 원격 통신 및 무선 통신의 경우 데이터를 전송하기 위하여 원정보를 변조하고 송신기를 이용하여 변조된 신호를 증폭, 전송한다. 근래의 경우 거의 모든 원정보는 디지털 데이터나 송신을 위한 변조 과정을 통하면 모두 아날로그 신호로 변환된다. 따라서 송신기는 당연히 선형 회로를 이용하여 전송신호를 증폭하여 송출하게 된다. 이는 변하기 어려운 선형 회로의 영역이다. 한편, 수신기의 경우에는 전력을 증폭하는 송신기의 경우와 달리 수신된 미소신호를 처리하기 위한 소신호 증폭기와 필터 회로 및 복조회로가 추가 된다. 최근 반도체 소자의 집적도가 높아지고 생산가격이 저렴해짐과 동시에 디지털 필터 알고리즘 등의 각종 디지털 신호처리 기술이 발달함에 따라 수신기의 주요 회로가 점차로 디지털화되어 가고 있다. 그러나 송신기의 경우에는 변조된 신호 자체가 선형 신호이기 때문에 변조 회로 및 증폭 회로는 선형 회로로 구성하는 것은 누구나 당연하게 받아들이고 있다. 그러나 선형 증폭기의 대역사적인 오디오의 분야에도 메인 앰프에 D급 증폭기로 분류되는 스위칭 전력 증폭기가 적용되기 시작하여 이미 우리의 일상 생활에서 이용되고 있는 실정이다. 이미 오래전 음악의 기록과 재생이 디지털화 되었기 때문에 이러한 디지털 오디오의 탄생은 당연한 결과로 볼 수 있다.

이러한 시점에 있어 필자들은 송신기의 디지털화에 대한 연구의 일환으로, 변조에서부터 전력 증폭까지 완전히 디지털로 제어가 가능한 송신기를 제안하고자 한다.

본 연구는 안테나 임피던스와 별도로 부가하는 공진 요소로써 공진 회로를 구성하고, 기존의 선형 증폭기 대신 인버터를 적용하는 부하 공진형 송신기에 관한 것이다. 제안하는 송신기는 스위칭 전력 증폭기를 사용함에 따라서 송출 전력뿐만이 아니라 변조 전송을 위한 변조 회로까지 모두가 디지털화로 구성될 수 있기 때문에 회로가 간단해지고 증폭기의 효율 및 제조에 이르는 경제성의 측면에 있어서도 많은 유리한 점을 가질 수 있다.

본 논문에서는 제안하는 디지털 FSK 변조 알고리즘 및 송신기 구성에 관하여 논하였으며, 제안한 안테나 임피던스를 이용한 공진형 FSK 송신기를 모의 TWC 선로에 적용한 실험 결과를 제시함으로써 제안한 송신기의 유용성을 보이고자 하였다.

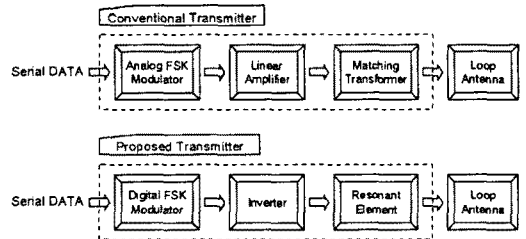


그림 2 기존 및 제안 FSK 송신기 구성

2. 공진형 FSK 송신기

현재 여러 요소에 디지털 변조기법 중의 하나인 FSK (Frequency Shift Keying)를 통한 디지털 통신이 적용되고 있다. 일례로, 서울시 제 2기 지하철 노선(5-8호선)에 있어, 간단한 차량 정보 및 역사 정보 등을 교환하는 TWC(Train to Way-side Communication)에 FSK 송수신기가 사용되고 있다. 그림 1에 도시한 바와 같이 플랫폼에 부설된 지상 안테나는 선로 안쪽에 긴 길이로 분포된 상당히 큰 루프 안테나를 사용한다. 또한 통신실에서 플랫폼까지의 왕복 길이가 수백 미터 이상이 되기도 하기 때문에, 안테나의 선로 인덕턴스를 최소화시키기 위하여 연장부에는 동축 케이블 등을 사용하여 수 백 μH 의 인덕턴스를 갖는다. 한편 지상 및 차상 루프 안테나간의 전자 유도에 의하여 표 1에 도시한 주파수를 이용, 정확한 정보를 송수신하기 위하여는 그림 2에 나타낸 바와 같이 변조된 신호를 선형증폭기로 증폭한 후 다시 매칭 트랜스로 송입하여 신호를 송출한다. 이는 LF(Low Frequency) 대역의 통신 방식은

사용하는 경우 빈번한 사례이다. 이 때, 증폭기로서 수 A의 출력이 가능한 고가의 파워 연산 증폭기를 사용하기도 한다. 따라서 큰 방열판과 매칭 트랜스로 인하여 송수신기의 중량과 부피가 커짐은 물론 낮은 효율과 높은 가격 또한 단점이 된다.

본 논문에서는 이러한 단점을 극복하기 위한 방안으로써 그림 2에 나타난 것과 같이 루프 안테나에 공진용 요소로서 커패시터를 사용, 공진 부하를 구성한 후 송신기 전력 증폭기로서 인버터를 채용한 안테나 임피던스를 이용한 FSK 송신기를 제안하고자 한다. 사실 이는 부하 공진형 인버터의 한 응용이 되는 것에 불과하나, 제안하는 송신기의 경우처럼 인버터라는 스위칭 전원장치를 전력 증폭기로서 사용하게 된다면, 전력 증폭의 간단한 변조의 단계도 디지털화 할 수 있다는 장점을 갖게 되므로 이에 대한 유용성을 제시하고자 하는 것이다.

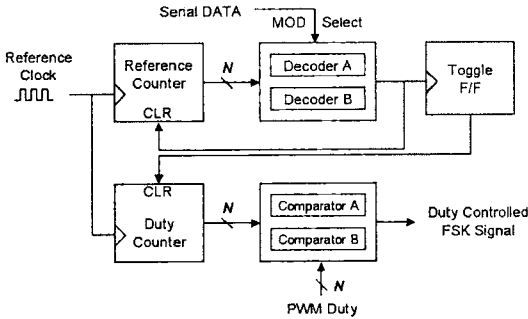


그림 3 디지털 FSK 변조기

그림 3에 제안하는 디지털 FSK 변조기의 블록도를 나타내었다. 단순히 변조에 소요될 두 주파수의 클럭 신호를 전송 데이터신호로 멀티플렉싱할 수도 있으나, 전송 데이터와 변조될 주파수신호가 비동기일 경우 전송 데이터의 변화시점에 예측할 수 없는 주파수 성분을 유발시킨다. 따라서 그림에 도시한 바와 같이 가변 분주 카운터의 적용 분주 수를 전송데이터에 의하여 선택함으로써 자연스러운 주파수 이행이 이루어 질 수 있도록 하였다. 한편, PWM에 의하여 인버터 출력 전압을 제어함으로써 송출 전력을 조정할 수 있도록 하였다. 따라서 실제에 있어서는 듀티 카운터와 비교기 부분을 2조 설치하고, 이들을 상보로 동작시켜 이들 출력을 인버터의 게이트 신호로 사용하였다. 결국 송출 전력의 제어를 위하여는 두 개의 스위치만 사용하는 통상의 공진형 인버터 대신 풀 브리지 인버터가 사용된다. 이제 단상 풀브리지 인버터의 출력단에 루프 안테나의 인덕턴스와 공진을 유발시킬 수 있도록 안테나 임피던스에 적당한 커패시터를 추가함으로써 제안하는 송신기를 구성한다. 이 부분의 회로는 매우 일반적인 것이므로 본 논문에서는 생략하기로 한다.

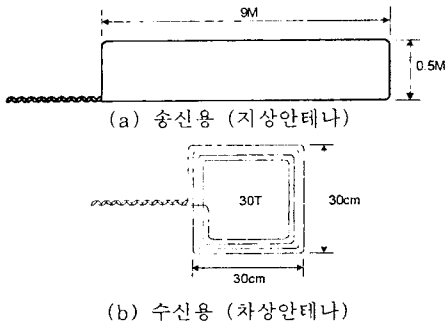


그림 4 송수신용 루프 안테나

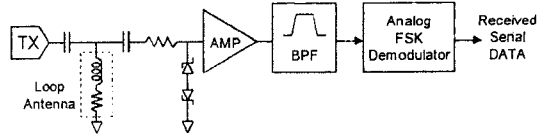


그림 5 수신부 구성

3. 실험결과 및 고찰

본 연구에서는 그림 4에 도시한 바와 같이 TWC 송수신기용 안테나를 모의로 설치, 지상에서 데이터를 송신하고 차상에서 수신하는 것을 가정한 데이터 송수신 특성 평가 실험을 수행하였다. 송신에 사용한 루프 안테나의 임피던스는 $100 \mu\text{H}$, 0.5Ω 이며 수신용의 경우에는 $500 \mu\text{H}$, 0.1Ω 이다. 또한 송신기의 공진용 커패시터는 $0.175 \mu\text{F}$ 를 사용하였다. 한편, 그림 5는 실험에 적용한 수신부의 구성을 보여주는 것으로, 제안한 송신기와 결합하는 경우 루프 안테나의 그라운드측은 당연히 인버터의 출력측에 연결되어야 한다.

먼저 그림 6에 전송 데이터가 0인 경우와 1인 경우에 있어서 송신용 안테나 양단의 전압파형 및 송수신 안테나의 전류파형을 나타내는 것이다. 인버터라는 구형파 전원을 송신기의 전력증폭기로 사용하였지만, 공진에 의하여 전압, 전류파형이 정현파로 유지됨을 알 수 있다.

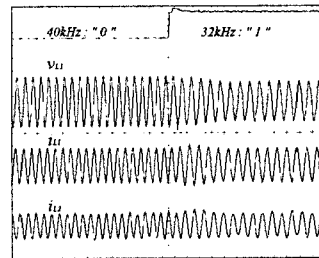
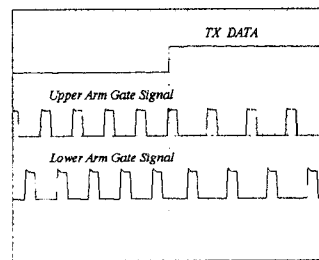
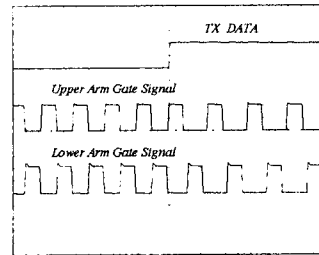


그림 6 송신데이터 변화에 따른 안테나 전압, 전류파형 (100V, 5A, 50mA, $100 \mu\text{sec}$ / Division)

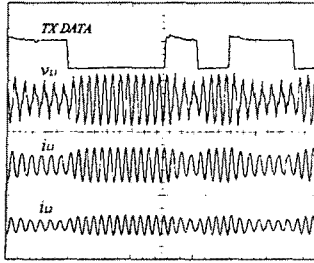


(a) PWM 듀티가 작을 때

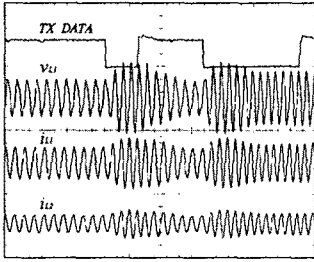


(b) PWM 듀티가 클 때

그림 7 PWM 듀티 변화시의 FSK 게이트 파형 (5V, $20 \mu\text{sec}$ / Division)

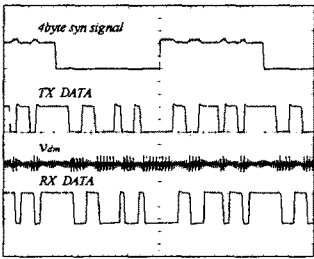


(a) PWM 듀티가 작을 때

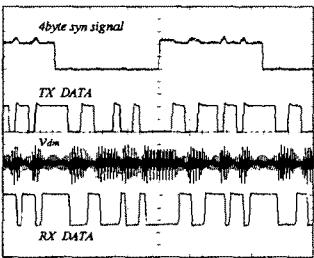


(b) PWM 듀티가 클 때

그림 8 PWM 듀티 변화시의 안테나 전압, 전류파형 (100V, 5A, 50mA, 100 μ sec / Division)



(a) PWM 듀티가 클 때



(b) PWM 듀티가 작을 때

그림 9 9600bps 송수신 결과 (5V, 500 μ sec / Division)

한편, 본 연구에서는 송신기의 인버터 전원을 통상적인 제어용 +15V 전원에서 공급한 것이다.

그림 7에 나타난 변화된 것과 같이 변화된 PWM 듀티를 적용한 경우의 안테나 전압, 전류파형을 그림 8에 나타내었다. 송신 데이터의 변화에 따라 송신 주파수가 급 가변됨에 따라 일시적인 과도상태가 있음을 볼 수 있다. 이 과도상태 기간이 길거나 그 크기가 클 경우 수신기의 복조회로가 원 정보를 추출하는데 영향을 미칠 수도 있을 것이므로 공진 정수를 적절하게 잘 선택하여야 하며 필요에 따라서는 다소의 저항의 삽입도 필요할 것으로 판단된다.

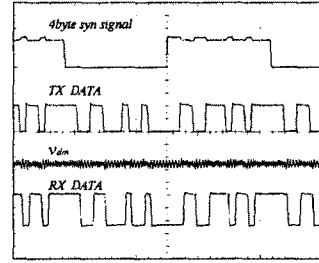


그림 10 4800bps 송수신 결과 (5V, 1msec / Division)

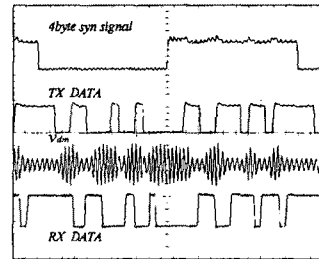


그림 11 19200bps 송수신 결과 (5V, 200 μ sec / Division)

그림 9에 9600bps의 2진 데이터를 송수신한 실험 결과를 나타내었다. 송수신 안테나 사이를 실제 TWC 시스템의 경우보다 큰 60cm의 이격거리에서 수행된 송수신 실험 결과로, 공진에 의하여 충분한 전류를 안테나에 흘릴 수 있음에 따라서 PWM 듀티가 작은 경우에도 데이터의 송수신이 원활하게 이루어지고 있음을 확인할 수 있다. 그림에서 v_{dm} 은 수신기의 필터를 거친 복조기 입력단의 전압 파형으로 오실로스코프의 에리어싱 현상이 있음을 밝혀준다.

끝으로 그림 10과 그림 11에 데이터 전송률을 각각 4800bps와 19200bps로 설정한 데이터 송수신 결과를 나타내었다. 19200bps의 경우에는 캐리어와의 주파수 비율이 작아 간혹 에러가 발생하기도 하였으나 4800bps의 경우에는 매우 안정된 완벽한 데이터 송수신이 가능함을 확인하였다.

4. 결론

본 논문에서는 단상 풀브리지 인버터를 전력증폭기로 사용하고 부가된 공진요소와 안테나의 임피던스를 이용하는 공진형 FSK 송신기를 제안하였다. 소용량의 EPLDs로 구현된 디지털 변조회로 및 제안한 송신기를 모의로 설치된 TWC용 루프 안테나를 이용하여 실험한 결과로써 12V 또는 15V의 제어용 전원으로도 100V 이상의 정현파 전압을 안테나에 공급함으로써 기존 고가의 선형 증폭기와 매칭 트랜스를 대체할 수 있음을 확인하였다. 추후로는 송신전력의 제어를 PSM으로 구현하는 것과 기타의 송신 시스템에 응용하는 것 등이다.

(참고문헌)

- [1] 강정진, "최신 안테나 공학", 집문당, 1996.
- [2] F. A. Himmelstoss et al., "High Dynamic Class-D Power Amplifier", IEEE Trans. CE, Vol. 44, No. 4, pp. 1329-1333, Nov. 1998.
- [3] K. M. Smith et al., "Intelligent Magnetic - Amplifier - Controlled Soft-Switching Method for Amplifiers and Inverters", IEEE Trans. PE, Vol. 13, No. 1, pp. 84-92, Jan. 1998.