

---

# Hybrid coupler와 delay line을 사용한 PSK 변조 신호 발생 회로 해석

반경식\* · 김영완\*\*

Analysis of PSK modulation signal generation circuit using hybrid coupler and delay line

Kyung-Sig Ban\* and Young-Wan Kim\*\*

---

2007년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을  
받아 연구되었음(KRF-2007-331-D00271)

---

## 요 약

본 논문에서는 quadrature hybrid coupler를 사용하여 위상 변조 신호를 발생할 수 있는 간단한 회로를 해석한다. 90° 위상차를 갖는 coupler 출력 단자의 반사 계수를 이용하여 일정한 위상 출력 값을 갖는 위상 변조 신호를 발생시키며, quadrature hybrid coupler와 지연 소자 그리고 전력 결합기 등 제안 구조를 사용하여 고차 PSK 신호를 발생시킬 수 있다. 하나의 90° hybrid coupler와 반사 소자에 의해 180° 위상차를 갖는 간단한 BPSK 신호 발생회로와 추가적인 지연 소자 및 전력 결합기에 의해 90° 위상차를 갖는 QPSK 신호를 발생한다. 모의 성능 실험 결과 3σ 이내의 위상차를 갖는 양호한 PSK 신호 특성을 나타내었다.

## ABSTRACT

The simple PSK signal generation method using a quadrature hybrid coupler and reflection coefficient elements was analyzed in this paper. The PSK modulation signal with a constant constellation is generated by reflection coefficient from 90° hybrid coupler output ports, the high-mode PSK signal is also generated by the hybrid structure of coupler, delay line and power combiner. The BPSK signal is simply generated by a 90° hybrid coupler and reflection elements, and QPSK with 90° phase constellation is generated by additional delay line and power combiner. By simulation results, the generated PSK signals by the proposed circuit get good modulation spectra within 3σ phase error.

## 키워드

PSK signal generation, Quadrature hybrid coupler, PSK modulation

## I. 서 론

위상 변조 신호는 일정한 위상 값을 갖는 전송 신호로

나타나며, 디지털 전송 신호( $n$  전송 비트 수)에 따라  $2\pi/n$ 의 위상 간격을 갖는다. 디지털 위상 변조 신호(PSK)는 직교 성분의 I/Q 전송 채널로 구성되며, 양호한

---

\* 방송통신위원회 대전전파관리소

\*\* 군산대학교 전자정보공학부, 교신저자

전송 특성으로 직접변환 방식이나 위상 통신을 비롯한 무선통신 전송방식으로 널리 사용되고 있다[1]-[2]. 180° 위상 간격을 갖는 BPSK와 90° 위상 간격을 갖는 QPSK 신호가 일반적으로 많이 사용되고 있으며, 대역폭 향상을 위한 대역 효율 방식으로 고차 모드 PSK 신호가 적용되고 있다. 이러한 디지털 위상 변조 신호 발생 구조는 일반적으로 직교 성분의 반송파 신호와 혼합기로 구성되며, 전송 데이터 방식에 따라 일정한 성상도(constellation)을 갖는다[3].

혼합 방식에 의한 신호 발생 이외에 직접변환 방식으로 사용되는 6 단자를 이용하여 PSK 신호를 발생하는 방법이 연구되고 있으며, 6 단자 소자는 3개의 90° hybrid와 하나의 power combiner로 구성되고 있다. 신호 발생은 본 논문과 같이 6단자 소자의 출력단의 반사 계수를 이용하여 PSK 신호가 발생되고 있다[4]-[5]. 그러나 PSK 신호 발생 구조로 사용되는 6 단자 소자는 구성 요소가 많고 고차 모드 적용을 위한 복잡한 구성 요소를 필요로 하고 있다.

본 논문에서는 하나의 90° hybrid coupler를 기본으로 저차 모드인 BPSK 신호를 발생시키고, 첨가적인 90° hybrid coupler와 지연 소자를 통하여 QPSK 신호를 발생시킬 수 있는 비교적 간단한 구조의 PSK 발생 회로를 해석하고 제안한다. 전송 데이터에 의해 반사 계수를 발생하여 요구 PSK 성상도를 갖는 신호를 발생한다[6]. BPSK 신호는 하나의 90° hybrid coupler에 의해 발생되는 가능한 구조를 가지며, 고차 모드 PSK 신호는 부가적으로 90° hybrid coupler와 지연 소자를 사용하여 신호를 발생될 수 있는 구조를 제시한다. 제안된 구조의 PSK 발생 신호는 3° 이내의 위상차를 갖는 양호한 신호를 발생한다.

## II. PSK 신호 발생 해석

### 2-1. 혼합기에 의한 PSK 신호 발생

PSK 신호는 다음과 같이 표현할 수 있다[7].

$$s(t) = \cos(\omega t + d(t) \frac{2\pi}{n}) \quad (1)$$

여기서,  $n = \log_2 M$ 으로 전송 비트 수이며, M은 PSK

신호의 전송 모드를 의미한다. 또한  $d(t)$ 는 전송 비트 수의 조합이며, 전송신호의 하나의 위상 값에 대응된다.

BPSK 인 경우, 180° 위상 간격을 가지며, QPSK 인 경우, 45°, 135°, 225°, 그리고 315° 등 90° 위상 간격을 갖는다. 따라서 PSK 신호의 성상도는 그림 1과 같이 표현할 수 있다.

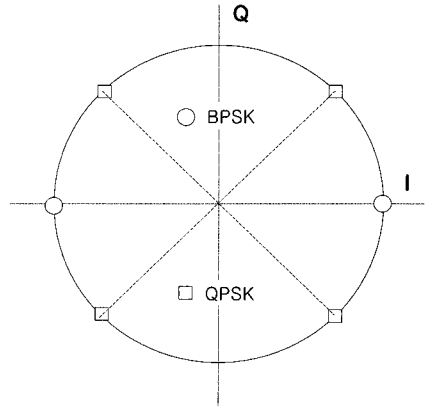


그림 1. 일반적인 PSK(BPSK, QPSK) 신호성상도.  
Fig. 1. Typical constellation of PSK (BPSK, QPSK).

그리고 혼합기를 사용하는 신호 발생 구조는 그림 2와 같다.

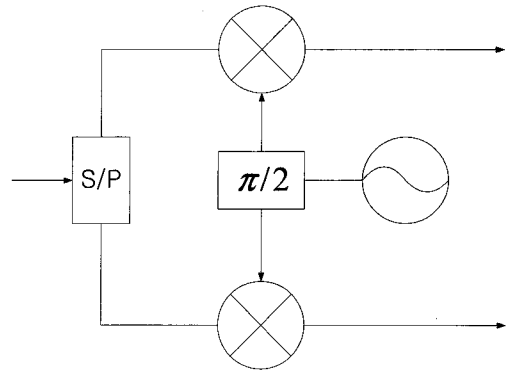


그림 2. 혼합기 구조의 PSK 신호 발생도.  
Fig. 2. Block diagram of PSK signal generation using mixer.

일반적으로 PSK 신호는 그림 2와 같이 직교 반송파에 의해 I/Q 채널로 전송 된다.

2-2. Hybrid coupler에 의한 PSK 신호 발생

Quadrature hybrid coupler는 출력단 위상차가 90o 이므로, 출력단의 반사 위상 값에 의해 요구하는 PSK 신호를 발생시킬 수 있다.

그림 3과 같은 일반형 quadrature hybrid coupler 구조의 산란 계수([S]hyb)는 다음 식 (2)와 같이 구할 수 있다 [8].

Port 2와 port 3은 동일한 전력 레벨을 가지며, 90o 위상차를 갖는다. 만약 port 2와 port 3의 출력단에 반사 소자를 연결하였을 경우, port 2와 port 3에서 발생하는 반사 신호는 상호 port 간에는 isolation 특성을 제공하며 port 1과 port 4로 신호를 반사 출력한다.

Port 1에 일정 신호(A)가 입력될 경우, port 2와 port 3의 출력은 산란 계수 (2)로부터  $-(A/\sqrt{2})e^{j\frac{\pi}{2}}$  와  $-(A/\sqrt{2})e^{-j\pi}$  으로 표현할 수 있다. 또한 port 2와 port 3의 반사 계수로부터 port 4에 출력되는 신호는 다음과 같다.

$$[S]_{hyb} = -\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 + j & -1 & 0 & 0 \\ +j & 0 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & +j \\ 0 & -1 & +j & 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

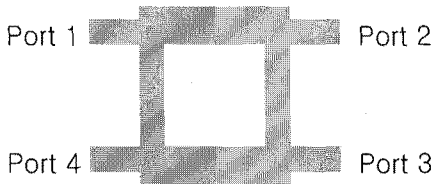


그림 3. 일반적인 quadrature hybrid coupler 및 산란 계수.

Fig. 3. Typical quadrature hybrid coupler and scattering parameters.

$$P_{port 4} = \left[ \frac{A^2}{2} e^{-j\frac{\pi}{2}} \right] \cdot [\rho_2 e^{j\phi_2}] + \left[ \frac{A^2}{2} e^{-j\frac{\pi}{2}} \right] \cdot [\rho_3 e^{j\phi_3}] \quad (3)$$

여기서, 반사 계수 크기가 일정하다고 하면 port 2와 port 3의 반사 계수 위상 값에 따라 port 4에 원하는 위상 값이 나타난다. 즉 부하가 개방 및 단락일 경우, 출력 위

상 값은 그림 4와 같은 정상도를 갖는다.

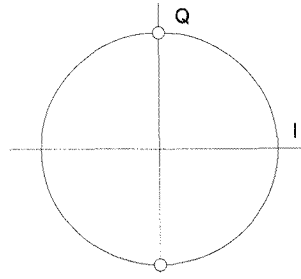
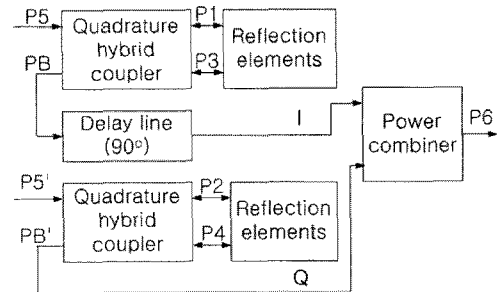
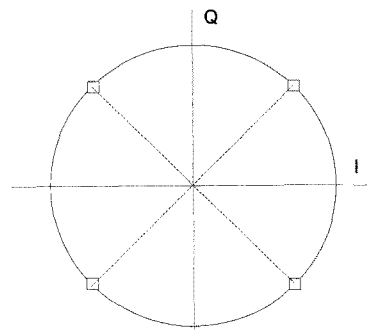


그림 4. Hybrid coupler와 반사 소자에 의해 발생된 BPSK 신호 정상도.

Fig. 4. Constellation of generated BPSK signal by hybrid coupler and reflection elements.



(a)



(b)

그림 5. Hybrid coupler와 지연 소자를 사용한 QPSK 신호 발생, (a) 구조도 및 (b) 정상도.

Fig. 5. QPSK signal generation using hybrid coupler and delay line, (a) block diagram and (b) constellation.

QPSK 신호는 BPSK 신호의 조합이므로 그림 3의 quadrature hybrid coupler를 2개 결합하는 방식을 가질 수 있다. 따라서, 단일 hybrid coupler에 의한 BPSK 신호는 그림 4의 성상도를 가지므로, 지연 소자에 의해 QPSK 신호인 I/Q 채널을 형성하는 구조를 갖는 그림 5와 같은 QPSK 신호 발생 회로를 갖는다.

따라서, 그림 5와 같이 고차 모드 PSK 신호는 BPSK 신호 발생 회로를 기본으로 요구 전송비트수 결합 방식에 따라 PSK 신호 발생 회로를 확장할 수 있다.

### III. 모의 실험 및 성능 분석

PSK 신호 발생 및 성능 분석은 그림 6과 같은 구조를 가지며 수행한다. BPSK는 QPSK의 구조도를 이용하여 성능 분석한다.

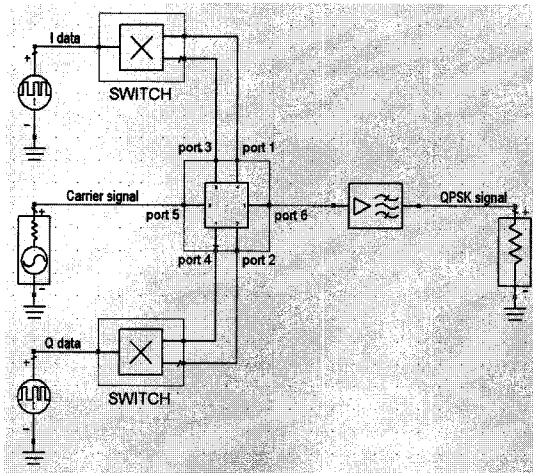
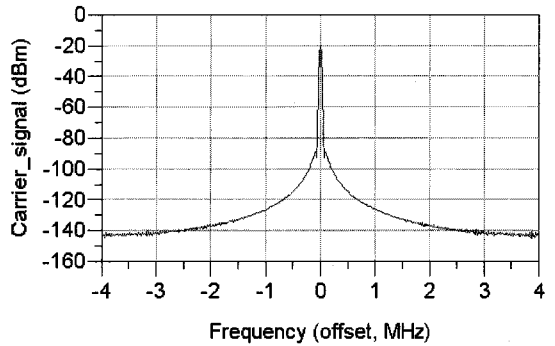


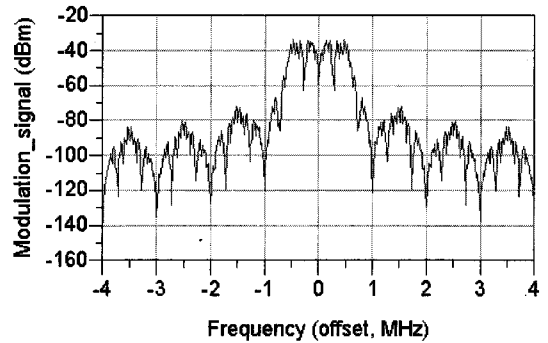
그림 6. PSK 신호 발생 성능 분석도.

Fig. 6. Simulation layout of PSK signal generation.

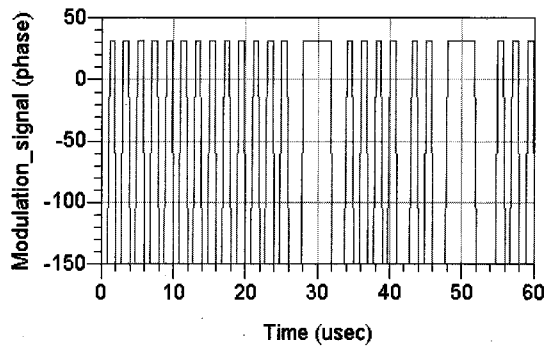
그림 7과 8은 제안된 회로 구조에서 발생한 BPSK와 QPSK 변조 신호 특성을 나타내고 있다.



(a)



(b)



(c)

그림 7. BPSK 발생 신호 특성

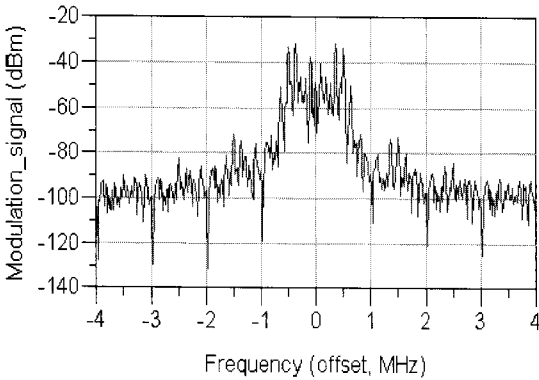
(a) 반송파 신호, (b) 변조 신호 전력 및

(c) 변조 신호의 위상 특성.

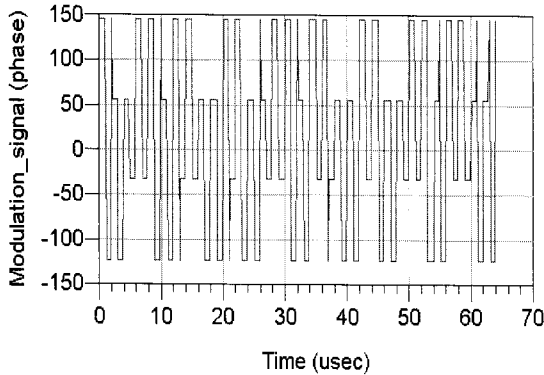
Fig. 7. Generated BPSK signal characteristics

(a) Carrier signal, (b) Power spectrum and

(c) Phase characteristic.



(a)



(b)

그림 8. QPSK 발생 신호 특성

(a) 변조 신호 전력 및 (b) 변조 신호의 위상 특성.

Fig. 8. Generated QPSK signal characteristics

(a) Power spectrum and (b) Phase characteristic.

그림으로부터 BPSK 신호는 그림 5로부터 약 60o 위상 변위가 발생하였으나, 30o 와 150o 위상 값으로 180o 간격으로 양호한 특성을 나타내고 있다. 또한, QPSK 신호는 55o, 145o, -123o, 그리고 -32o 위상 값을 가지며, 그림 5와 약 10o 위상 값이 변위되어 나타나고 있다. 그러나 90o 위상 간격으로부터 약 3o 이내의 양호한 변조 신호가 발생함을 알 수 있다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 하나의 hybrid branch line과 반사 소자를 사용하여 BPSK 신호를 발생시키는 비교적 간단한 회로 구조를 제안하였다. 또한, 첨가적인 hybrid branch line과 지연 소자, 그리고 전력 결합기를 사용하여 QPSK 신호를 발생하는 수동 구조를 해석하였다. 고차 모드 PSK 신호는 hybrid branch line과 지연 소자를 기반으로 확장할 수 있다.

제안된 PSK(BPSK, QPSK) 신호 발생 모의 실험 결과, 180o 위상 간격 및 90o 위상 간격을 갖는 요구되는 PSK 신호를 발생하였으며, 최대 3o 이내의 위상차를 갖는 양호한 PSK 변조 신호를 발생하였다.

#### 참고 문헌

- [1] Tri. T. Ha, *Digital Satellite Communication*, Macmillan, NY, 1986.
- [2] 양우진, 김영완, "Six-port 직접변환을 이용한 QPSK 수신기 설계 및 제작", *한국전자과학회지*, vol. 18, no. 1, January 2007.
- [3] E. Casini, R. De Gaudenzi and A. Ginesi, "DVB-S2 Modem Algorithms Design and Performance Over Typical Satellite Channels", *Int. J. Satellite Commun.* 2004.
- [4] Y. Zhao, Frigon J. F, et al, "Multi(six)-port impulse radio for ultra-wideband", *IEEE Trans. on MTT*, vol. 54, no. 4, pp. 1707-1712, 2006.
- [5] Y. Zhao, Frigon J. F, et al, "RF front-end for impulse UWB communication systems", *IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest*, pp. 308-311, 2006.
- [6] Y. Zhao, Viereck, Frigon J. F, et al, "Direct quadrature phase shift keying modulator using six-port technology", *Electron. Lett.*, vol. 41, no. 21, pp. 1180-1181, 2005.
- [7] J. G. Proakis, *Digital Communications*, 3rd ed, New York: McGraw-hill, 1995
- [8] D. M. Pozar, *Microwave Engineering*, John Wiley & Sons, Inc. 1998.

## 저자소개



반경식(kyung-Sig Ban)

2003년 한남대학교 정보통신공학  
석사

2005년 군산대학교 전자정보공학  
박사수료

1988~2000 정보통신부 중앙전파관리소,  
2000~2008 정보통신부 충청체신청 정보통신국  
2008~현재 방송통신위원회 대전전파관리소  
※관심분야: 무선통신 시스템 및 회로설계, 정보보안  
등



김영완(Young-wan Kim)

1983년 경북대학교 전자공학사

1985년 경북대학교 전자공학석사

2003년 충남대학교 전자공학박사

1984~1990 동양정밀공업(주)  
중앙연구소 과장

1990~1992 (주) 유영통신 이사  
1992~2004 한국전자통신연구원 책임연구원  
2004~현재 군산대학교 전자정보공학부 교수  
※관심분야: RF/Microwave 시스템 및 회로설계,  
디지털 위성방송/통신시스템, 마이크로파 소자