

스펙트럼 확산 통신용 SAW MSK 정합필터

○ 박용천, 박용서, 황금찬

연세대학교 전기 공학과

SAW MSK Matched Filter for Spread Spectrum Communications

E. C. Park, Y. S. Park, K. C. Whang

Dept. of Electrical Eng., Yonsei Univ.

Abstract

In this paper, an MSK modulator and MSK matched filter using SAW component which is small size and can process high frequency and wide band signals are described. This modulator and matched filter have been shown applicable to the transmitter and receiver of spread spectrum communication systems.

1. 서론

탄성 표면파(SAW ; Surface Acoustic Wave) 소자는 고주파 광대역 신호를 처리할 수 있고, 소자의 크기가 작으므로 이를 이용하여 최근 주목 받고 있는 대역확산통신(Spread Spectrum Communication) 방법에 적용하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

그리고 MSK(Minimum Shift Keying) 변조 방식은 디지털신호 변조인 PSK(Phase Shift Keying) 변조 방식이나 FSK(Frequency Shift Keying) 변조 방식과 같은 1비트(bit) 변조 방식에 비해 연속적인 두 비트의 관계에 의해 비트 구간에서의 반송 주파수가 결정되므로, 고속의 비트 비율(high speed bit rate)을 갖는 디지털신호의 변조에 적합하며, 전력 스펙트럼의 집중성이 좋으므로 스펙트럼 효율(Spectral Efficiency)이 우수하다. 그리고 변조된 파형의 포락선이 일정하고 각 비트의 천이 순간 위상이 변하지 않는 연속 위상 특성이 있으므로 통신 효율이 PSK나 QPSK(Quadrature Phase Shift Keying) 방식과 동일하기 때문에 위성통신 및 대역확산 통신 방식에 사용되고 있다.

본 논문에서는 코릴레이션 특성이 우수한 13칩(chip) Baker 코드를 발생시키는 SAW PSK 발생기와 PSK 신호를

MSK 신호로 변환 시키는 SAW MSK 필터를 구성한다. 또한 수신단에서 자기상관(Auto Correlation) 검출을 하기 위하여 SAW 필터의 임펄스 응답을 수신된 코드와 시간 반전되도록 SAW MSK 정합 필터를 설계하여 특성을 측정하고 이를 레이다 시스템이나 대역 확산 통신 시스템에도 응용될 수 있음을 보이고자 한다.

2. SAW MSK 변조기의 구성

본 논문에서는 그림 2-1과 같은 직렬형 MSK 구성 방식을 이용하여 SAW MSK 변조기를 설계한다.

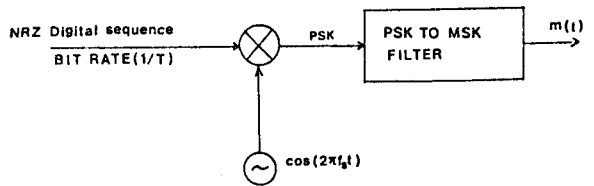


그림 2-1 직렬형 MSK 변조기의 블럭선도

그림 2-1의 MSK 변조기의 임펄스 응답 $h(t)$ 는 식(2-1)와 같다.

$$h(t) = \sin(2\pi f_c t) \quad , \quad 0 \leq t \leq T \quad \text{----- (2-1)}$$

그러므로 식(2-1)의 임펄스 응답 $h(t)$ 를 갖도록 탄성

표면파 필터를 설계하여 MSK 변조기를 구현시킬 수 있다.

이러한 탄성 표면파 MSK 동작 원리는 다음과 같다.

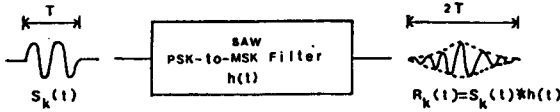


그림 2-2 한 비트의 PSK 신호에 대한 SAW MSK 변조기의 출력

그림 2-2 에서와 같이 식(2-2)과 같은 하나의 k번째 비트의 PSK 신호가 식(2-1)의 임펄스 응답을 갖는 SAW 필터에 인가되는 경우 SAW 필터의 출력은 콘볼루션(convolution)에 의해 식(2-3)과 같다.

$$S_k(t) = (-1)^k \cdot a_k(t) \cdot \sin(2\pi f_c t), \quad kT \leq t \leq (k+1)T \quad (2-2)$$

$$R(t) = \begin{cases} R_c(t) = \cos(\pi t/2T) \cos(2\pi f_c t) \\ R_s(t) = \sin(\pi t/2T) \sin(2\pi f_c t) \end{cases} \quad (2-3)$$

따라서 연속적인 PSK 신호가 입력될 경우 식(2-3)과 같은 2T로 확장된 출력 펄스가 길이 T인 2개의 공명 전극에서 연속적으로 증첩되어 최종적인 MSK 신호는 k 번째 비트구간에서 인접된 두 비트의 비트 값들의 관계에서 식(2-4)와 같이 결정되며, 그림 2-3은 한 예를 나타낸다.

$$m(t) = \begin{cases} \cos(2\pi f_1 t), & a_{k-1}(t) = a_k(t) \\ \cos(2\pi f_2 t), & a_{k-1}(t) \neq a_k(t) \end{cases} \quad (2-4)$$

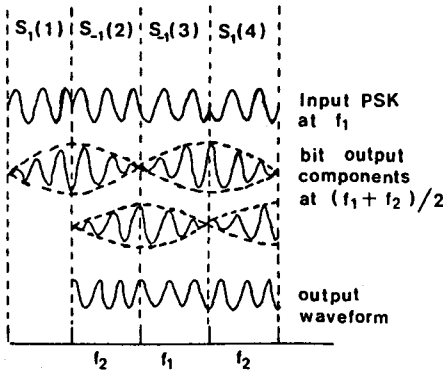


그림 2-3 출력 펄스의 증첩에 의한 MSK 파형

3. SAW PSK 신호 발생기의 구성

탄성 표면파 소자는 압전물질 위의 IDT(Inter-

digital Transducer)에 전기적인 신호를 인가하면 압전물질의 역 압전효과에 의하여 전극의 형상과 같은 형태의 전계가 형성되어 압전물질 표면위를 진행한다. 이때 IDT를 +1 혹은 -1인 임의의 펄스열과 감도를 구성하면 TDL(Tapped Delay Line)의 형태를 갖는 SAW 위상코드 발생기가 되며 이를 이용하여 MSK 정합필터를 실현시킬 수 있다.

PSK(phase shift keying) 코드는 다음 식(3-1)으로 나타낼 수 있다.

$$\psi(t) = \sum_{n=1}^N p_n(t) \cdot \exp[j(\omega_c t + \theta_n)], \quad 0 \leq t \leq N \quad (3-1)$$

탄성 표면파 PSK 신호 발생기는 IDT구조를 이용하여 PSK 신호를 발생시키는 것으로 그림 3-1에서 간단한 다섯 칩(chip) biphas sequence 파형과 동가의 IDT구조를 보여준다.

그림 3-1의 (a)에서 위상이 180° 반전된 부분은 그림 3-1의 (b) 에서와 같이 +전극과 +전극이 겹치도록 함으로서 위상이 반전된 PSK 신호를 얻을 수 있다.

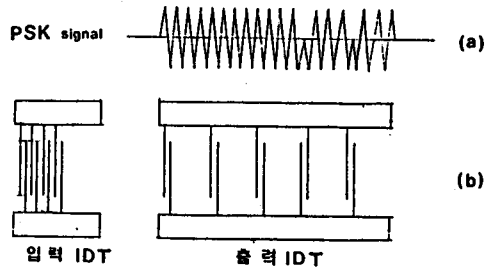


그림 3-1 PSK 신호 및 SAW PSK 발생기의 구조

(a) PSK 신호 (b) SAW PSK 발생기

4. SAW MSK 정합필터의 설계

데이터 a_n 에서 만들어진 부호 펄스열을 식(4-2)와 같이 표현하면 MSK 변조 신호는 식(4-1)와 식(4-2)을 사용하여 식(4-3)로 표현할 수 있다.

$$h_{MSK}(t) = \begin{cases} \cos(\pi t/2T) \cos(2\pi f_c t), & |t| \leq T \\ 0, & |t| > T \end{cases} \quad (4-1)$$

$$\delta_a(t) = \sum a_n m(t-nT) \quad (4-2)$$

$\delta(t)$; 임펄스 함수

$$m(t) = \sum a_n h_{MSK}(t-nT)$$

$$= h_{MSK}(t) * \delta_a(t) \quad \text{----- (4-3)}$$

이 파형에 대한 정합필터의 임펄스 응답은 다음 식으로 표현된다.

$$h_{MF}(t) = m(\tau - t) \quad \text{----- (4-4)}$$

그러므로 여기서 $z=0$ 로 하고 식(4-2)의 데이터열 a_m 의 순서를 시간적으로 반전한 a_m 에 의한 $\delta_a(t)$ 를 구하면 정합필터의 임펄스 응답 $h_{MF}(t)$ 는 $\delta_a(t)$ 를 이용하여 식(4-3)의 형태로 표시할 수 있다.

따라서 SAW MSK 정합필터는 PSK 신호 발생기 이론을 사용하여 압전기판 위에 그림 4-1과 같이 식(4-3), 식(4-4)에 대응하는 전극 패턴을 구성하면 설계가 가능 하다. 그러므로 임펄스를 입력함으로써 코드화된 MSK 변조파를 얻을 수 있고 또한 역으로 그 변조파를 입력으로 인가하면 오토코릴레이션 출력을 얻을 수 있는 SAW MSK 정합 필터를 설계할 수 있다.

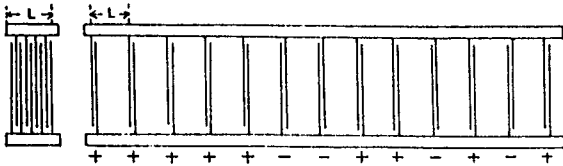
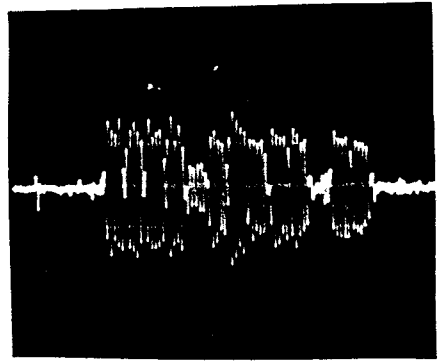


그림 4-1 탄성 표면파 MSK 정합 필터의 전극구조

본 논문에서는 반송파 주파수가 55MHz인 MSK전극과 반송파 주파수가 50MHz이고 코릴레이션 특성이 우수한 부호계열이 {0000011001010}인 13 칩 Baker코드 발생기 전극으로 중심 주파수가 $f_c = (f_1 + f_2)/2 = 52.5\text{MHz}$ 이고 한 비트의 시간 길이가 $T=100\text{nsec}$ 인 MSK 정합필터를 설계하여 압전 물질인 YZ-LiNbO_3 기판 위에 포토리토-그래피 방법으로 제작 하였다.

제 5 장 실험 및 결과 고찰

위와 같은 방법으로 제작된 탄성 표면파 MSK 정합 필터의 임펄스 응답과 주파수 응답은 각각 그림 5-1과 그림 5-2와 같다. 또한 MSK 파형의 주파수 변화와 코릴레이션 파형은 각각 그림 5-3과 그림 5-4와 같다.



Hor. 0.2 sec/div Ver. 0.1vol/div

그림 5-1 임펄스 응답



Hor. 5MHz/div Ver. 10dB/div $f_c = 52.5\text{MHz}$

그림 5-2 주파수 응답

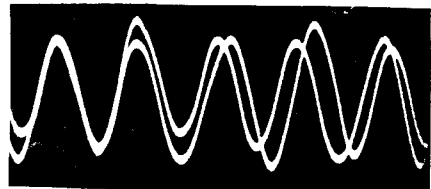


그림 5-3 MSK 파형의 주파수 변화

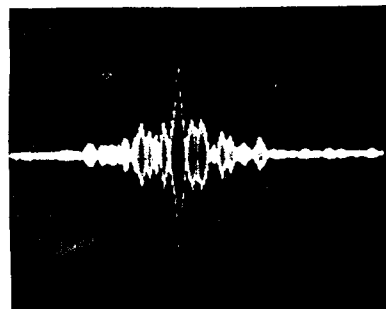


그림 5-4 코릴레이션 파형.

제 6 장 결 론

- (1) SAW PSK 발생기로 부터 PSK 신호를 얻을 수 있었다. 임펄스 응답의 전체펄스길이는 이론치인 $1.3 \mu \text{ sec}$. 이었고 주파수 응답의 중심 주파수는 이론치인 $(f_1 + f_2)/2$ 와 같은 52.5MHz 이었고 중심토퍼의 영점-영점 사이의 대역폭은 이론치인 $1.5/T$ 인 15MHz에 근사하는 14.60MHz 이었다. 발생된 PSK 신호가 일정한 포락선을 갖지 않는 것은 사용된 압전기판의 coupling 계수가 크기 때문이다.
- (2) 출력 파형의 변화는 주파수 변화 5MHz에 해당하는 시간 $T=1.8 \text{ nsec}$.에 거의 일치하는 파형의 변화를 확인함으로써 주파수 변조를 확인하였다.
- (3) 코릴레이션 파형을 검출함으로써 신호처리 소자로써 사용할 수 있다. 이러한 결과로 부터 SAW MSK 변조기와 SAW MSK 정합 필터가 레이더 시스템이나 대역확산 통신 시스템에도 응용될 수 있다.

참고 논문

- (1) W. R. Smith, "SAW Filter for CPSM Spread Spectrum Communication", IEEE Ultrasonic Symposium Proceeding 1974, p. 524

- (2) 박 용 서, " 최적화 방법에 의한 칼라 TV용 SAW IF 필터의 설계에 관한 연구 ", 연세 대학교 대학원 1984.
- (3) F. Amoreso, "Pulse and Spectrum Manipulation in the Minimum(Frequency) Shift Keying (MSK) Format" IEEE Trans. on Comm., March, 1976, p. 381
- (4) 심 창 업, "탄성 표면파 PSK-MSK 변환 필터의 설계에 관한 연구", 연세 대학교 대학원, 1984
- (5) W. R. Smith, H. M. Gerard, J. H. Collins, T. M. Reeder, and H. J. Shaw, " Analysis of Interdigital Surface Wave Transducers by use of an Equivalent Circuit Model", IEEE Trans. MTT-17, PP. 856-864, 1969.
- (6) R. E. Ziemer, C. R. Ryan and J. H. Stilwell, "Conversion and Matched Filter Applications for Serial Minimum-Shift Keyed Modulation," IEEE Trans. on Comm., March 1982, p. 495