

°박 문수, 박 형숙, 김 철성
전남대학교 전자공학과

On the carrier recovery of QPSK signal by using digital signal processing

°Moon Soo Park, Hyeong Sook Park, Cheol-Sung Kim
Dept. of Electronics Eng., Chonnam National Univ.

Abstract

In this paper, we propose an algorithm for carrier recovery of QPSK(quadrature PSK) signal. This algorithm processes received signal in sampled digital format, thus takes the advantage of digital signal processing technology. Carrier frequency is obtained by using FFT(Fast Fourier Transform), and phase is locked by digital Costas loop. Computer simulation shows good results.

1. 서 론

요즘은 디지털 신호처리의 H/W 및 S/W기술이 발달하면서 통신시스템도 아날로그 시스템에서 디지털 시스템으로 변환되어 가고 있다.[1]

특히 이동통신, 위성통신 등 무선통신에서는 한정된 주파수 스펙트럼 때문에 가능한 큰 스펙트럼 활용 효율을 갖는 동시에 전력 면에서 효율이 좋은 변조방식이 선호된다. 이러한 변조방식 중의 하나인 QPSK변조방식은 70년대 말 80년대 초부터 연구되어 최근엔 위성통신 등에서 널리 쓰이고 있는 실정이다.

본 논문에서는 동기복조를 위한 QPSK신호의 carrier recovery에 관한 algorithm을 제안 한다. 이 분야에 현재까지 여러 논문이 발표되고 있으나[2][3] 본 논문의 시도는 수신된 신호를 A/D변환을 거친 샘플링 신호로 처리하여 디지털 신호처리의 여러가지 장점을 이용할

수 있으며 더 나아가 현재 연구중인 디지털 MODEM의 구현에도 유용할 것으로 생각된다.

2. 이 론

QPSK신호의 변조과정은 잘 아는 바와 같이 NRZ data stream이 serial-to-parallel converter를 거쳐 I channel과 Q channel의 두개의 stream으로 분리된다.[4] 다음 각 channel은 BPSK변조원후 더해진다. 이때 4가지 상태의 위상 본본가 생길수 있는데 이를 Gray-code를 사용하여 나타내면 아래와 같다.

$$S_{10}(t) = A \cos(2\pi f_c t + 45^\circ)$$

$$S_{00}(t) = A \cos(2\pi f_c t + 135^\circ)$$

$$S_{01}(t) = A \cos(2\pi f_c t + 225^\circ)$$

$$S_{11}(t) = A \cos(2\pi f_c t + 315^\circ)$$

이와 같은 QPSK신호의 예가 그림 1에 나타나 있다.

위에서처럼 QPSK신호는 carrier신호의 4가지 위상 변화에 전송하고자 하는 정보가 들어있다. 따라서 동기복조의 경우 수신측에서 전송된 정보를 찾아내기 위해서는 반송파의 주파수를 정확히 알아내는 것이 중요하다. 그런다음 신호의 4가지 위상변화를 알아낸다.

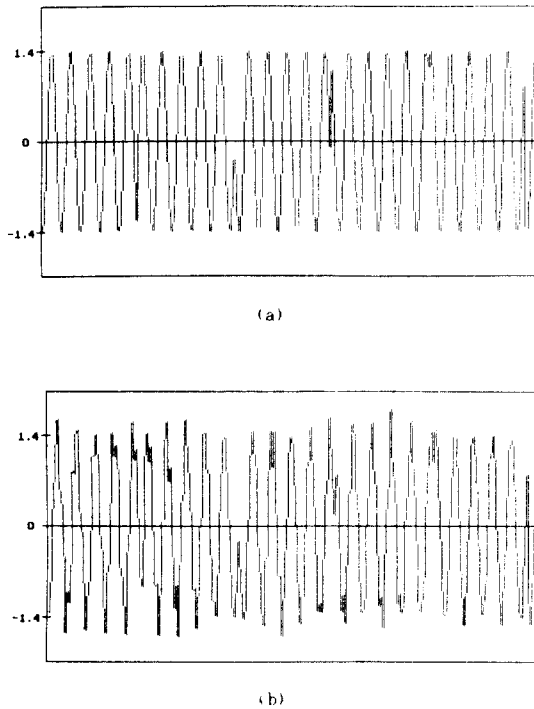
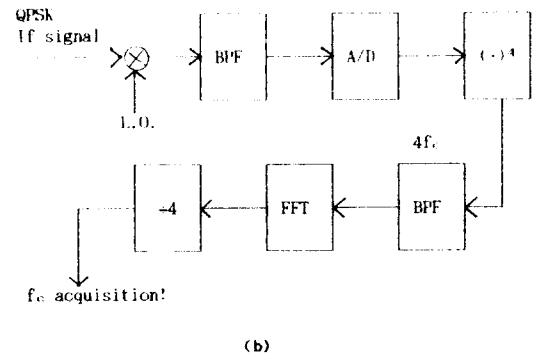
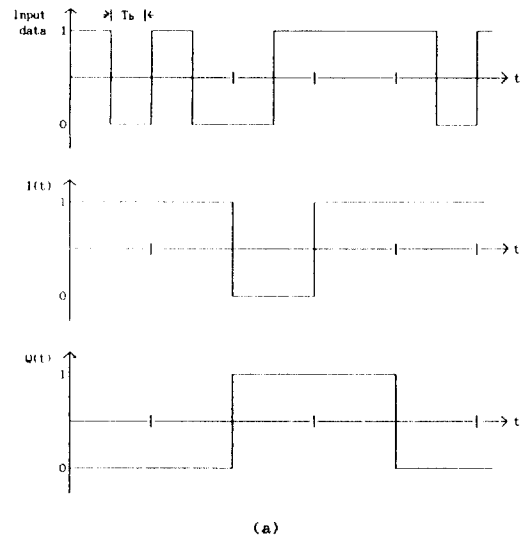


Fig 1. (a) QPSK signal
(b) Plus noise

본 논문에서는 반송파의 주파수를 알아내는 방법으로 FFT를 비롯한 디지털 신호처리 기법을 이용한다. 이를 위해서 우선 수신된 신호를 A/D변환하여 샘플된 data로 바꾼 뒤 모든 처리를 행하였다. 아래식과 같이 입력된 신호를 4승하여 대역 통과 필터로 위상 변화가 없는 sinusoidal신호(세번째 term)만 취하고, 이를 FFT하여 peak freq.를 찾아내는 방식으로 carrier신호의 주파수를 추정하였다.

$$A \cos(2\pi f_c t + \theta) \cdot 4 = 3A^4/8 + A^4/2 \cos(4\pi f_c t + 2\theta) + \underline{A^4/8 \cos(8\pi f_c t + 4\theta)}$$

위 식 우변의 세번째 항을 보면 네가지 가질 수 있는 위상 θ 가 4배가 되어 일치된다. 그때의 주파수 $4f_c$ 를 FFT를 하여 구한뒤 $\div 4$ 하면 반송파 주파수 f_c 를 얻을 수 있다. 반송파의 주파수가 얻어졌으면 이를 이용하여 정보가 들어있는 신호의 위상변화를 찾기 위해 sample된 신호로 Costas loop를 실행시킨다. 이를 위한 전체적인 개략도를 그림 2에 도시하였다. 또한 Costas loop의 실행 결과로써 I channel과 Q channel의 각 신호파형을 그림 3에 나타내었다.



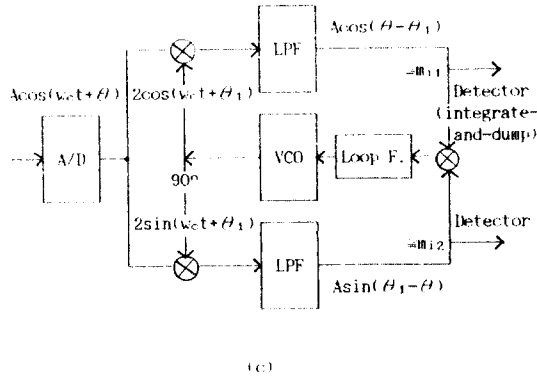


Fig 2. (a) Modulator data streams
(b) Block diagram of freq.acquisition
(c) digital Costas loop for phase locking

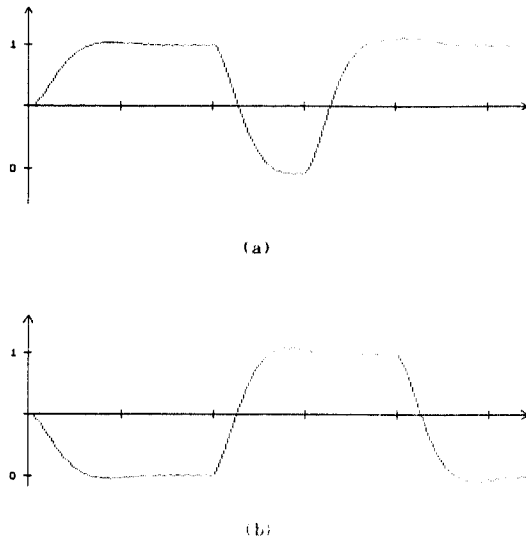


Fig 3. (a) Demodulated data stream : I(t)
(b) Demodulated data stream : Q(t)

그림 3 에서 보인 각 channel의 파형에서 한 symbol동안의 평균값을 0을 기준으로 양수이면 1로 음수이면 0으로 할당후, 두 channel의 data stream을 번조시와 반대로 parallel-to-serial converter를 거치면 전송된 신호를 찾을 수 있게 된다.

3. Computer simulation

본 논문에서는 수신된 QPSK신호를 A/D변환을 거친 sample값들만을 취급함으로써 이후의 모든 처리는 디지털 신호처리 방식을 응용할 수 있다.

그림 3 에서 첫번째 과정은 수신된 QPSK신호의 주파수를 5:1로 down conversion하는데 이는 FFT를 한 결과 더 정확한 peak를 찾기위해 resolution을 좋게 하고자 함이다.

본 computer simulation에 사용된 QPSK신호의 내용은 아래와 같다.

* 반송파의 주파수 범위 : $95 \text{ kHz} \leq f_c \leq 105 \text{ kHz}$
(대역폭 10 kHz)

* 샘플 시간 간격 : $t_s = 1/(106 \text{ kHz} \times 2.5)$
 $= 3.774 \times 10^{-6} \text{ [sec]}$

* L.O.(Local Oscillator)의 주파수 : 80 kHz

* Down conversion한 신호의 중심 주파수 : 20 kHz

수신된 신호를 20 kHz의 중심 주파수대로 down conversion 하여 4승을 한 다음 대역 통과 필터를 거치면 80 kHz를 중심으로한 신호성분이 나온다. 다음 FFT를 행하여 80 kHz주위의 peak frequency를 찾아내어 +4를 하면 20 kHz로 down시켰던 신호의 반송파 주파수를 얻을수 있다. 우리가 궁극적으로 찾고자 하는 원래의 반송파 주파수는 여기에 L.O.의 주파수인 80 kHz를 더해주면 된다.

일련의 과정들을 거친 QPSK신호의 frequency acquisition과 phase locking을 실행한 결과치들을 표 1 에 예시하였다.

본 논문의 simulation결과인 표 1 에서 보는 바와 같이 frequency acquisition된 값들은 많은 noise상황 하에서도 약간의 오차만을 가진 상당히 정확한 결과가 나왔다. 그리고 데이터가 많을수록 FFT의 유한한 resolution을 좋게하여 그에 상응하는 interpolation으로 보다 정확한 주파수 측정이 가능하였다. 이를 이용하여 sample값들로 Costas loop를 실행하여 원래의 신호를 잘 추정할 수 있었다.

표 1. Simulation 결과

실제 반송파 주파수 [Hz]	S/N 비 [db]	추정된 반송파 주파수 f_c [Hz]	오차 [Hz]
98500	15.5	98507	7
	9.5	98507	7
99000	15.5	99002	2
	9.5	99002	2
100000	15.5	100002	2
	9.5	99992	8
101000	15.5	101008	8
	9.5	101008	8
101500	15.5	101493	7
	9.5	101491	9

4. 결 론

본 논문은 QPSK신호의 동기복조를 위한 carrier recovery에 대해 FFT를 비롯한 디지털 방식의 algorithm을 제안했다.

Simulation결과 S/N비에 따른 noise performance면에서 우수한 결과를 얻을 수 있었으며, computer simulation의 한계로 인해 한정된 data갯수이긴 하였으나 원래의 QPSK신호를 거의 error없이 추정할 수 있었다.

앞으로 이론적인 해석의 뒷받침과 symbol timing recovery(STR)등에 대한 연구가 계속된다면, QPSK신호의 디지털 방식에 의한 동기복조에 매우 유용하리라 예견된다.

[1] Kamilo Feher, Digital Communications: Microwave Applications, Prentice-Hall, England Cliffs, N.J., 1981.

[2] Lee, A. Shenoy, and M.K. Eng, "Digital signal processor-based programmable BPSK/QPSK/offset QPSK modems", Comsat Technical Review Vol.19 number2, p195-234, Fall 1989.

[3] William C. Lindsey, Marvin K. Simon, "Detection of Digital FSK and PSK Using a First-Order Phase-locked Loop", IEEE Tran. on Comm., Vol. Com-25, No. 2, February 1977.

[4] Taub, H., and D.L. Schilling: Principles of Communication Systems, McGraw-Hill, New York, 1987.

[5] 김 대영, "단기강화 : 디지털 통신 및 응용 동기 기술", No.12, 1988.10 한국 통신 학회.

본 연구는 한국전자통신연구소의 연구비 지원에 의한 연구 결과임