

PRS-SQAM의 성능에 관한 연구

°감 영 홍, 이 진  
한국항공대학 통신정보공학과

A Study on the Performance of the PRS-SQAM

Young Heung Kang, Jin Lee  
Dept. of Telecomm. and Information Eng., Hankuk Aviation College.

ABSTRACT

In this paper, Partial Response-Superposed Quadrature Amplitude Modulation(PRS-SQAM) techniques are described. Our results indicate that PRS-SQAM has smaller timing-jitter and maximum overshoot than QPRS system, and has spectral advantages over MSK. The error probability ( $P_e$ ) performance of PRS-SQAM in an additive white Gaussian noise environment has been evaluated.

I. 서 론

PRS(Partial Response)는 A.Lender에 의해 제안되고 Kretzmer에 의해 일반화된 기저대역 디지털 전송방식이다. 이것은 근접한 펄스 사이에 제한된 양의 상관관계(correlation)를 인가하여 유용한 특성을 갖는 신호를 발생시키는 신호처리(signaling)방식이며 소용대역이 작고 부호간 간섭(Intersymbol Interference)이 거의 없는 방식이다. 이는 대역제한 채널에 대하여 나이퀴스트 속도 2bit/s/Hz를 실현하며 펄스열의 규칙성을 이용한 에러검출이 가능하므로 여러가지 통신 시스템에 많이 이용되고 있다.<sup>[2]</sup>

본 연구에서는 2bit/s/Hz의 전송율을 가지면서 채널용량의 경제적인 사용을 위하여 DC 성분이 없는 제 4종 PRS 방식을 SQAM(Superposed Quadrature Amplitude Modulation)에 적용하였으며 이러한 PRS-SQAM은 기존의 QPRS(Quadrature Partial Resp-

<sup>[4]</sup>onse) 방식에서 문제시 되는 타임 지터(time jitter)와 오버슈우트(overshoot)를 PRS-SQAM의 진폭 파라미터를 조절함으로써 상당한 개선효과를 얻을 수 있었다. 본 논문에서는 전력 스펙트럼(power spectrum)면에서 우수할 뿐만 아니라 부호간 간섭이 없는 유용한 방식이라는 것을 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 아이 패턴(eye pattern)과 전력 스펙트럼으로 고찰하였다.

II. PRS-SQAM 시스템

PRS-SQAM 시스템의 송신기와 수신기를 그림.1에 나타내었다. 송신기에서의 프리코더(precoder)는 수신상의 에러전송을 방지하기 위한 것으로 입출력 관계는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} c_n &= a_n \oplus c_{n-2} \\ d_n &= b_n \oplus d_{n-2} \end{aligned} \tag{1}$$

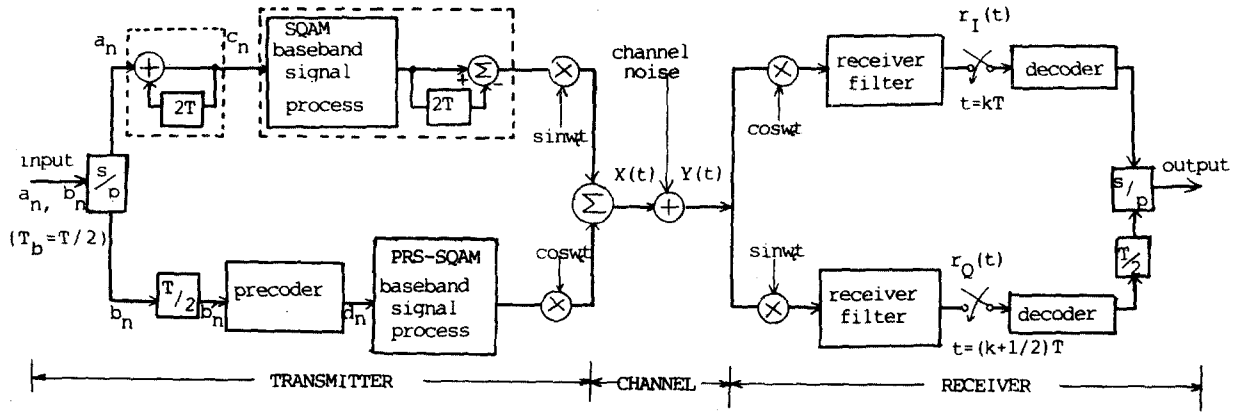


그림. 1. PRS-SQAM 시스템의 송신기와 수신기.

여기서  $\oplus$  는 modulo-2 이다.  
 PRS-SQAM 신호의 임펄스 응답  $h(t)$  는 다음과 같고  
 그 특성파형을 그림. 2 에 나타내었다.

$$h(t) = s(t) - s(t-2T) \quad (2)$$

$s(t)$  는 SQAM 신호로서 다음식과 같다. <sup>[3]</sup>

$$s(t) = 1/2[1 + \cos(\pi t/T)] + d(t) \quad (3)$$

여기서

$$d(t) = -(1-A)/2[1 - \cos(2\pi t/T)] \quad (4)$$

$$0.5 \leq A \leq 1.5, \quad -T \leq t \leq T$$

그리고 A 는 SQAM (또는 PRS-SQAM) 의 진폭 파라미터  
 이다.

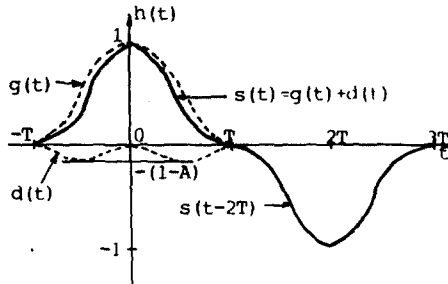


그림. 2. PRS-SQAM 신호의 임펄스 특성.

그림. 1 의 수신기에서 수신 필터를 통과한  $r_I(t)$   
 와  $r_Q(t)$  는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} r_I(t) &= c_n h(t-nT) + n_I(t) \\ r_Q(t) &= d_n h[t-(n+1/2)T] + n_Q(t) \end{aligned} \quad (5)$$

(5) 식은 기저대역 신호로 각각  $t=kT$  와  $t=(k+1/2)T$   
 에서 샘플링하면 다음식을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} r_I(kT) &= (c_k - c_{k-2}) + n_I(kT) \\ r_Q[(k+1/2)T] &= (d_k - d_{k-2}) + n_Q[(k+1/2)T] \end{aligned} \quad (6)$$

여기서  $n_I(kT)$  와  $n_Q[(k+1/2)T]$  는 평균이 0  
 이고 분산  $\sigma^2$  을 갖는 잡음성분이다. 입력 데이터 열  
 (sequence)  $\{a_n\}$  과  $\{b_n\}$  는 다음과 같은 방법  
 으로 복조된다.

만일  $-1 < r_I < 1$  이면  $-1$  로  $r_I > 1$  이면  $+1$   
 로 복조되는데 위의 조건에 해당되지 않고 예러가 발  
 생하는 경우는 다음과 같다.

$c_k$	$c_{k-2}$	$c_k - c_{k-2}$	$r_I$ 가 예러를 발생하는 범위
-1	-1	0	$ r_I  > 1$
-1	+1	-2	$r_I > -1$
+1	-1	+2	$r_I < 1$
+1	+1	0	$ r_I  > 1$

따라서 PRS-SQAM 시스템 오율은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} P_e &= 1/2[ P_r(r_I > 1) + P_r(r_I < -1) ] \\ &+ 1/4[ P_r(r_I < 1) + P_r(r_I > -1) ] \end{aligned} \quad (7)$$

Inphase 채널과 Quadrature 채널상의 오율을 평균  
 하면 그 결과식은 다음과 같다.

$$P_e = 3/2 Q(1/\alpha) = 3/2 Q(\sqrt{S/N}) \quad (8)$$

여기서

$$Q(x) = 1/2 \int_x^\infty e^{-u^2/2} du$$

$$\sigma^2 = N_0/2 \int_{-\infty}^\infty |H_R(f)|^2 df$$

이다.

### III. PRS-SQAM 신호의 전력 스펙트럼

등확률 SQAM 신호의 정규화된 PSD 함수는 다음과 같다.<sup>[3]</sup>

$$\left| \frac{S(f)}{S(0)} \right|^2 = \frac{1}{A^2} \left( \frac{1}{1-4T^2f^2} + \frac{A-1}{1-T^2f^2} \right)^2 \left( \frac{\sin 2\pi f T}{2\pi f T} \right)^2$$

따라서 등확률 PRS-SQAM 신호의 정규화된 PSD 함수는 다음식으로 나타낼 수 있다.

$$\left| \frac{S(f)}{S(0)} \right|^2 = \frac{1}{A^2} \left( \frac{1}{1-4T^2f^2} + \frac{A-1}{1-T^2f^2} \right)^2 \left( \frac{\sin 2\pi f T}{2\pi f T} \right)^4$$

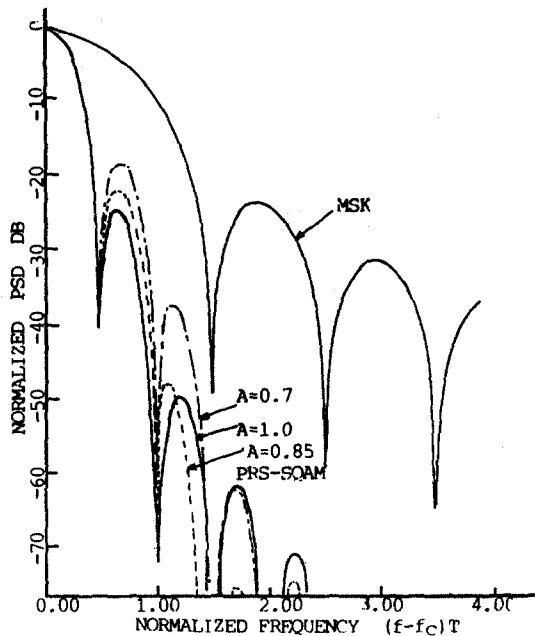


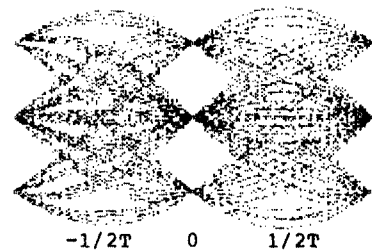
그림. 3. PRS-SQAM 의 전력 스펙트럼.

그림. 3 에 컴퓨터 시뮬레이션에 의한  $A=0.7, 0.85, 1.0$  일때의 PRS-SQAM 전력 스펙트럼과 MSK 전력 스펙트럼을 비교하였다.

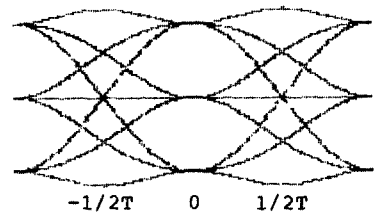
PRS-SQAM 의 전력 스펙트럼에서  $A$  에 관계없이 제 2 사이드 로브(side lobe)의 제로 크로싱(zero crossing)점은 MSK 에서의 메인 로브(main lobe) 제로 크로싱점과 일치한다. PRS-SQAM 에서  $A=1.0$  일 때의 제 1, 제 2 사이드 로브 진폭은  $A=0.7, 0.85$  일 때보다 더 작음을 알 수 있다.

### IV. PRS-SQAM 신호의 아이 패턴(Eye Pattern)

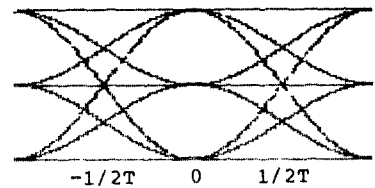
그림. 4. (a) 에 GPRS 신호의 아이 패턴과 (b) 에 PRS-SQAM 에서  $A=1.1, 1.0, 0.85, 0.7$  일 때의 아이 패턴을 각각 나타내었다.



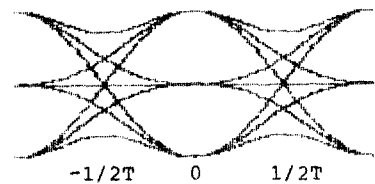
(a)



$A=1.1$



$A=1.0$



$A=0.85$

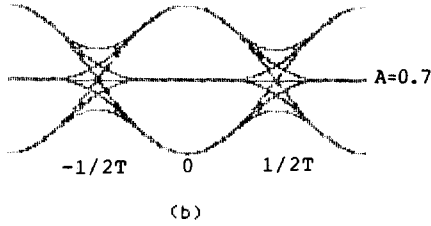


그림.4. (a) QPRS의 아이 패턴.  
(b) PRS-SQAM의 아이 패턴.

$A=1.1$  일 때는 그림.4. (a) QPRS 방식과 마찬가지로  $\pm 1/2T$  에서 오버슈우트가 생기나  $A$  가 1.0 이하일 때 오버슈우트는 존재하지 않으며  $A$  가 감소함에 따라 타임 지터가 개선됨을 알 수 있다.

#### V. 결 론

PRS-SQAM의 오율특성을 그림.5에 나타내었다.

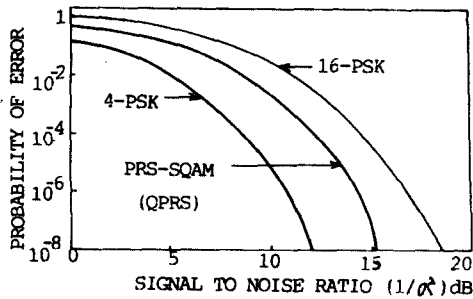


그림.5. PRS-SQAM의 오율특성.

본 시스템의 오율특성은  $A$ 에 관계없이 QPRS와 같은 특성을 가지며 QPSK에 비해 S/N비 면에서 3.2dB 정도 열화를 가져오나 2bit/s/Hz의 전송율을 얻을 수 있으므로 같은 전송율을 갖는 16레벨 PSK 신호보다 S/N비 면에서 2.8dB 개선효과를 갖는다.

그리고 PRS-SQAM의 전력 스펙트럼은 스펙트럼 면에서 효율적인 MSK 방식과 비교할 때 MSK의 메인 로브 폭은  $\pm 3/2T$ 인 반면 PRS-SQAM의 메인 로브 폭은  $\pm 1/2T$ 로 좁은 폭을 가질 뿐만 아니라 사이드 로

브의 진폭도 MSK에 비해 현저히 감소하므로 PRS-SQAM은 스펙트럼 면에서 효과적인 방식이라 할 수 있다. PRS-SQAM에서  $A=1.0$ 일 때가  $A=0.85$ ,  $0.7$ 일 때보다 사이드 로브의 진폭은 더 작지만 타임 지터 면에서 효과적이지 못하다.

따라서 본 시스템의 진폭 파라미터  $A$ 를 조절하여 전력 스펙트럼과 타임 지터 면에서 효율적인 시스템을 선택할 수 있다.

#### 참 고 문 헌

- [1] A.Lender, "The duobinary technique for high speed data transmission," IEEE Trans. Comm. and Electron., vol.82, pp. 214-218, May, 1963.
- [2] H.Kobayashi, D.T.Tang, "Application of partial-response channel coding to magnetic recording systems," IBM J.Res. Dev., vol.14, pp.368-375, July, 1970.
- [3] J.S.Seo and K.Feher, "A new superposed QAM modem technique," IEEE Trans. Comm. vol.COM-33, no.3, pp.296-300, March, 1977.
- [4] D.P.Taylor and D.Cheung, "The effect of carrier phase error on the performance of a duobinary shaped QPSK signal," IEEE Trans. Comm. vol.COM-25-7, July, 1977.
- [5] K.Feher, Digital Communication-microwave Application, Prentice-Hall, Inc., 1981.
- [6] K.Feher, Digital Communication, New York; McGraw-Hill, 1983.
- [7] Subberayan Pasupathy, "Correlative coding," IEEE Trans. Comm., Society Magazines.