

# 비용장 오류정정회로를 이용한 $\pi/4$ QPSK 변조시스템의 차동복조기에 관한 성능분석

김재완      한영렬  
한양대학교 전자통신공학과

## A Performance Analysis on the differential detector of $\pi/4$ QPSK System Using with a Nonredundant Error Correction Circuit

KIM, JAE WAN      HAN, YOUNG YEARL  
Dept. of Electronic Comm. Engineering, Hanyang Univ.

### ABSTRACT

In this paper, first, a  $\pi/4$  QPSK modulation system appropriate for digital mobile communication is explained as a modulation technique and a differential detection robust to fading phenomenon is introduced as a demodulation technique, respectively. Second, two kinds of error correction circuits such as one error correction circuit and two error correction circuit are connected with a differential detector in order to correct an error or two errors which are generated on the channel. In the end, the error performance of these systems is analysed.

### 제 I 장 서      론

최근 이동 셀룰라 통신의 수요가 급증함에 따라 효율적인 대역폭의 이용과 동시에 전력사용면에서도 양호한 변조방식의 개발문제가 대두되는데 이 두가지면을 충족시켜 주는 변조기법이 바로  $\pi/4$  QPSK 변조방식이다. 1962년 Barker에 의해 고안된 이 변조방식은 QPSK 와 OK-QPSK 변조방식의 중간형태이며 최대위상변이가  $135^\circ$  이어서 스펙트럼편이가 QPSK 보다 우수하다.

그리고 페이딩 채널하에서의 복조방식으로서의 차동검파 방식이 많이 쓰이는데 이 검파방식은 데이터 전송시 차동 부호화 과정을 거쳐 신호를 보내게 되면 수신단에서는  $T_s$  만큼 지연된 전단계의 수신신호가 다음 신호의 reference 신호로 작용하게 되고 위상비교기에서는 이들 두 신호간의 위상차를 가지고 정보 데이터를 검출하게 된다. 그런데  $2T_s$  시간동안 지연된 신호를 reference 신호로서 사용하여 위상비교기에서 위상차를 가지고서 구해진 데이터의 값은 전단계의 정보데이터와 현단계의 정보데이터의 합과 그 값이 동일하며 이러한 특성은  $1/2$  rate 자기직교 길쌈부호의 패러티 기능과 유사하다.

따라서, 1T 와 2T 지연소자로 각각 이루어진 두개의 차동검파기는  $1/2$  rate 자기직교 길쌈부호기로서 간주될 수 있으며 이 검출기의 출력단에 단일오류정정기능을 지닌 다수결논리 복호기를 연결시킴으로써 단일오류정정이 가능하게 된다.

본 논문에서는 이러한 오류정정기능을 가진 차동검파 수신기에  $\pi/4$  QPSK 변조방식을 적용시킴으로써 새로운 정성적 성능분석을 피하고 아울러 두개의 오류정정 기능을 갖춘 다수결논리 회로를 연결시킴으로써 더욱 더 시스템 성능이 향상됨을 보이고자 한다.

### 제 II 장 본      론

#### 2-1. $\pi/4$ QPSK 시스템의 성질

$\pi/4$  QPSK 시스템의 변조방법은 전위상에서 다음 위상까지의 위상차(Phase Difference)를 갖고서 변 복조를 시행하는데 수신기에서는 정보데이터의 검출을 위해 두개의 샘플링순간의 위상차만 필요하다.  $\pi/4$  QPSK 변조방법을 다른 선형방법 QPSK, OK-QPSK 와 비교하기 위해 그림(2-1-1)에 위상격자도가 그려져 있다.

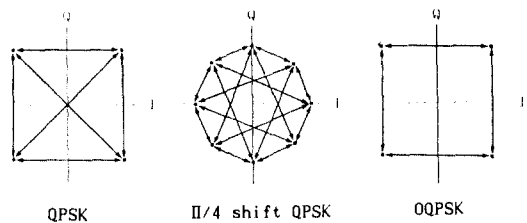


그림 2-1-1 위상격자도

다른 두 변조방식에 비해  $\pi/4$  QPSK 방식이 뛰어난 점을 세가지로 분류할 수가 있는데, 첫째로, 신호포락선의 유동범위가 작다. 둘째로, fast 페이딩에 대해 강한 특성을 지니고 있다. 셋째로, 수신기 설치가 용이해지는데  $\pi/4$  QPSK 방식은 리미터-디스크리미네이터를 사용한 검파에 있어서 강한 잇점을 갖고 있다는 것이다.

$\pi/4$  QPSK 변조방식에 대해 두개의 정보비트, 즉 심볼과 위상변화와의 관계가 (표 2-1-1) 에 나타나 있다.

정보	위상변화( $\theta$ )
1 1	$\pi/4$
0 1	$3\pi/4$
0 0	$-3\pi/4$
1 0	$-\pi/4$

표 2-1-1 정보비트와 위상변화의 관계

예를들면, 전송단에서 정보심볼 (01)의 절대위상이  $45^\circ$  이었을때 다음 정보심볼 (11)이 들어온다면 위상차  $45^\circ$  가 벌어지므로 절대위상은  $90^\circ$  로서 이동되어 전송되고, 수신단에서는 복조시 (01)이 들어왔을때 절대위상이  $45^\circ$  이므로 다음 심볼 (11)이 들어오면 신호의 절대위상이  $90^\circ$  이므로 위상차가  $45^\circ$  차이가 나 (11)이라는 데이터가 들어왔음을 알 수가 있다.

그러면 직교동기 변조기에서 전송신호크기의 변화  $U_k, V_k$ 의 값을 알아보자.  $U_k, V_k$ 는 정보위상  $\theta_k$ 로부터  $\pm 1, 0, \pm 1/\sqrt{2}$ 의 값을 갖는데 다음 공식으로 구할 수가 있다.

$$U_k = U_{k-1} \cdot \cos\theta_k - V_{k-1} \cdot \sin\theta_k \quad (2.1.1)$$

$$V_k = U_{k-1} \cdot \sin\theta_k + V_{k-1} \cdot \cos\theta_k \quad (2.1.2)$$

가령, (0 0), (0 1), (1 1), (1 0)의 데이터를 계속해서 보낼때 신호크기의 변화와 위상차, 절대위상과의 관계를 표 (2-1-2)로 나타냈고 이와 관련된 U-V평면을 그림 (2-1-2)로 표시하였다.

K	정보( $S_I, S_Q$ )	$\theta_k$	절대위상( $\phi_k$ )	$U_k, V_k$
1	0 0	$-135^\circ$	$-135^\circ$	$-\frac{1}{\sqrt{2}}, -\frac{1}{\sqrt{2}}$
2	0 1	$135^\circ$	$0^\circ$	1, 0
3	1 1	$45^\circ$	$45^\circ$	$\frac{1}{\sqrt{2}}, \frac{1}{\sqrt{2}}$
4	1 0	$-45^\circ$	$0^\circ$	1, 0

표 2-1-2 신호크기의 변화와 위상차와의 관계

여기서 초기절대위상은  $0^\circ$ 이며  $U_0, V_0$ 의 크기는 각각 1.0로 가정한다.

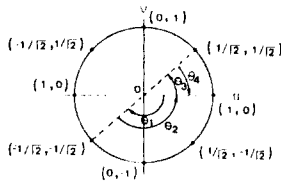


그림 2-1-2 신호크기 U-V의 평면도

그림 (2-1-2)에  $\pi/4$  QPSK 변조기의 블럭도가 그려져 있다.

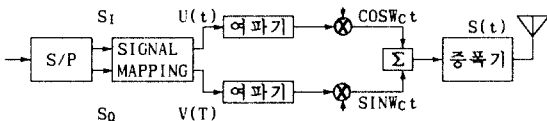


그림 2-1-3  $\Pi/4$  QPSK 변조기의 블럭도

여기서 여파기는  $\frac{X}{\sin X}$  로 표시되는 나이퀴스트 (Nyquist) 여파기다.

### 2-2 4 위상 차동검파기의 특성

채널잡음이 없을때 수신신호가  $\cos[\omega_c t + \phi(t)]$  라면 이때 수신장치인 차동검파기에 대한 블럭도는 그림 (2-2-4)와 같다. 처음의 여파기는 대역통과 여파기이며 나중의 두 여파기는 저역통과 여파기이다. 대역통과필터를 거친 신호에 각각 비트길이 T 만큼 지연된 신호와  $90^\circ$  위상변환을 한 신호를 곱하면 In-phase 성분은

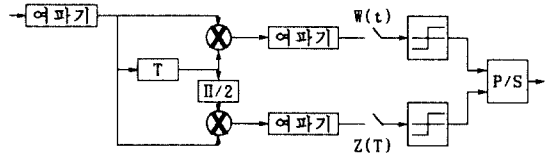


그림 2-2-4  $\Pi/4$  QPSK의 차동검파기

$$Y_I(t) = \cos[\omega_c(t) + \phi(t)] * \cos[\omega_c(t-T) + \phi(t-T)] \\ = \cos[\omega_c t + \phi(t) - \phi(t-T)] + \cos[2\omega_c t + \phi(t) + \phi(t-T)] \quad (2-2-5)$$

Quadrature 성분은

$$Y_Q(t) = \cos[\omega_c(t) + \phi(t)] * \sin[\omega_c(t-T) + \phi(t-T)] \\ = \sin[\omega_c t + \phi(t) - \phi(t-T)] + \sin[2\omega_c t + \phi(t) + \phi(t-T)] \quad (2-2-6)$$

이 된다. 여기에 저역여파기를 통과시키면 기저대역신호만 남게된다.

$$Y_{IL}(t) = \cos[\omega_c T + \phi(t) - \phi(t-T)]$$

$$Y_{QL}(t) = \sin[\omega_c T + \phi(t) - \phi(t-T)]$$

여기서  $\omega_c T = 2\pi N$ 으로서 신호값에 영향을 안준다.

$t = KT$  일때 샘플링을 하면

$$Y_{IK} = \cos[\phi_k - \phi_{k-1}] \\ = \cos\theta_k$$

$$Y_{QK} = \sin[\phi_k - \phi_{k-1}] \\ = \sin\theta_k$$

$\theta_k$  가  $\pm\pi/4, \pm3\pi/4$ 의 값을 가지므로  $Y_{IK}$ 와  $Y_{QK}$ 은  $\pm 1/\sqrt{2}$ 의 값을 갖는다. 이때 검출기에서는

$$S_I = 1, Y_{IK} > 0 \\ S_I = 0, Y_{IK} < 0 \quad (2-2-7)$$

$$S_Q = 1, Y_{QK} > 0 \\ S_Q = 0, Y_{QK} < 0 \quad (2-2-8)$$

의 단계를 거쳐 원래의 정보를 얻을 수 있다.

만약 IT 지연소자 대신에 KT 지연소자를 쓴다면 그때의 차동검파기를 K차 차동검파기라 부르는데 그 출력데이터는 1차 차동검파기의 K개의 연이은 출력데이터들의 곱과 그 값이 같다. 그런데 재미있는 사실은 1차 차동검파기 출력의 어느 한시점에 오류가 발생한다면 그 오류가 계속적으로 이동되면서 K개의 연이은 출력값에 연접오류를 발생시켜나가지만 K차 차동검파기의 출력은 단지 현 신호와 K번재 전달계신호와의 위상차만으로써 출력데이터를 뽑아내기 때문에 연접오류를 발생시키지 않는다는 점이다. 따라서 1차 차동검파기에서만 단일오류가 생기고 K차 차동검파기에서는 오류가 발생치 않는다. K차 차동검파기의 출력기 때러티 데이터 역할을 하여 상호간의 출력을 비교함으로써 오류를 정정할 수가 있는 것이다.

그러나 K차 차동검파기에 오류가 생기면 오류정정이 되지 않으며 두개의 검파기에 동시에 오류가 발생했을때는 새로운 오류가 발생하게되는 단점이 있다. 그렇지만 새로운 오류의 발생 빈도가 정정되는 오류수에 비해 미미하기 때문에 오류정정회로를 두개의 검파기 후단에 연결시킴으로써 성능개선이 이루어지는 것이다.

### 2.3 $\Pi/4$ QPSK 시스템의 오류정정원리

#### 2.3.1 단일 오류정정 시스템

단일 오류정정기능을 가진  $\Pi/4$  QPSK 시스템에 대한 블럭

도가 그림 (2-3-1)로 표시되어 있다. 여기서

$$r_{di} = a_i + r_{di} \pmod{8}$$

$$r_{pi} = a_{i-1} + a_i + e_{pi} \pmod{8} \quad (2-3-1)$$

이다.

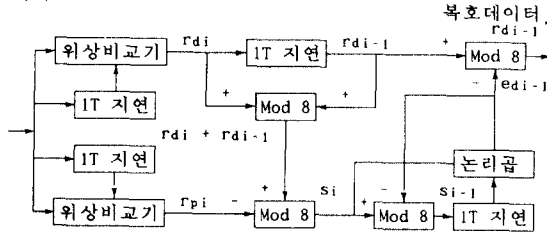


그림 2-3-1 단일오류정정기능을 가진 복조회로 오중(syndrome)은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$S_i = r_{di} + r_{di-1} - r_{pi}$$

$$= a_i + e_{di-1} + a_{i-1} + e_{di-1} - a_{i-1} - a_i - e_{pi}$$

$$= e_{di-1} - e_{pi} \pmod{8} \quad (2-3-2)$$

지연선 (delay line)을 거쳐나오는 바로 전단계의 오중  $S_{i-1}$  은  $e_{di-1}$  의 요소가 제거된 신호로 출력이 되는데 이는  $(i-2)$ 번째에서 전송신호가 정확히 고쳐졌다고 가정했을 때 오류신호  $e_{di-2}$  의 귀환회로(feedback) 특성에 기인한 것이다.

즉,  $S_{i-1} = e_{di-1} - e_{pi-1}$

만약,  $e_{di}, e_{di-1}, e_{pi}, e_{pi-1}$  중에서 단일 오류가 존재한다면 두개의 연이은 오중들의 논리곱으로부터 구해질 수가 있다.

$$e_{pi-1} = S_i \cdot S_{i-1} \quad (2-3-3)$$

- 즉, 1)  $S_i = S_{i-1} = 0$  일때  $e_{di-1} = 0$   
 2)  $S_i \neq 0, S_{i-1} = 0$  일때  $e_{di-1} = 0$   
 3)  $S_i = 0, S_{i-1} \neq 0$  일때  $e_{di-1} = 0$   
 4)  $S_i = S_{i-1} = n \neq 0$  일때  $e_{di-1} = n$

4)식에 의해 오류심볼  $e_{di-1}$  이 구해지면 한쪽 출력은  $r_{di-1}$ 와 배제 오류를 정정하게되고 다른 한쪽은  $e_{di-1}$ 의 영향을 제거하기 위해 오중(Syndrome)  $S_i$ 와 감산을 하게 된다.

그림 (2-3-2)와 표 (2-3-1)은 각각  $\pi/4$  QPSK 전송신호의 위상격자도와 위상변화표를 보여주고 있다.

정보값	정 보	위상변화
1	1 1	$\pi/4$
3	0 1	$3\pi/4$
5	0 0	$5\pi/4$
7	1 0	$7\pi/4$

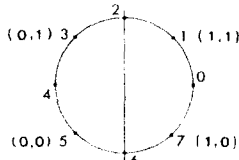


표 2-3-1 정보와 위상과의 관계 그림 2-3-2 위상격자도

### 2.3.2 두개의 오류발생시 정정시스템

그림 (2-3-3)은 수신기의 전단부인 차동검파기부분을 보여주고 있다. 두개의 검파기는 1/2 rate 길참부호기와 같은 역할을 하며 패러티부분의 검파기출력은 다음과 같다.

$$r_{pi} = r_{di} + r_{di-3} + r_{di-4} + r_{di-5} \quad (2-3-4)$$

그리고 수신기의 후단에는 두개의 검파기와 연결되는 오류정정회로가 있는데 블럭도로서 그림 (2-3-4)에 그려져 있다.

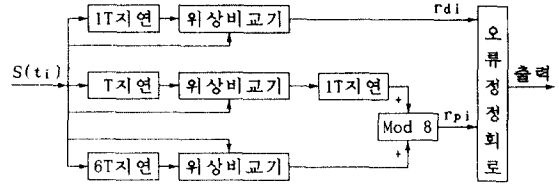


그림 2-3-3 두개의 오류를 정정을 위한 수신기의 전단부

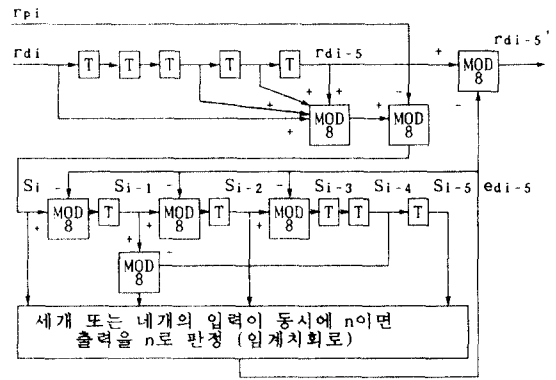


그림 2-3-4 두개 오류정정기능의 다수결논리복조기

만약,  $i$  번째 정보심볼,  $r_{di}$ 와 패러티심볼,  $r_{pi}$ 에 오류가 발생했다면 각각  $e_{di}, e_{pi}$ 로서 표현할 수가 있고 다음과 같이 시스템의 오중들을 구할 수가 있다.

$$S_{i-5} = e_{di-5} - e_{pi-5} \pmod{8}$$

$$S_{i-4} = e_{di-4} - e_{pi-4} \pmod{8}$$

$$S_{i-3} = e_{di-3} - e_{pi-3} \pmod{8}$$

$$S_{i-2} = e_{di-2} + e_{di-5} - e_{pi-2} \pmod{8}$$

$$S_{i-1} = e_{di-1} + e_{di-4} + e_{di-5} - e_{pi-1} \pmod{8}$$

$$S_i = e_{di} + e_{di-3} + e_{di-4} + e_{di-5} - e_{pi} \pmod{8} \quad (2-3-5)$$

위의 오중들을 다수결 논리판별을 위해 네부분으로 다시 정리하면

$$S_{i-5} = e_{di-5} - e_{pi-5} \pmod{8}$$

$$S_{i-2} = e_{di-2} + e_{di-5} - e_{pi-2} \pmod{8}$$

$$S_{i-1} - S_{i-4} = e_{di-1} + e_{di-5} - e_{pi-1} + e_{pi-4} \pmod{8}$$

$$S_i = e_{di} + e_{di-3} + e_{di-4} + e_{di-5} - e_{pi} \pmod{8} \quad (2-3-6)$$

가 된다.

여기서 식 (2-3-6)의 관찰을 통해 알 수 있는것은 오류심볼  $e_{di-5}$ 가 네개의 방정식에 모두 포함되어 있지만 다른 오류심볼들은 하나씩 밖에 포함되어 있지 않다는 사실이다. 이러한 방정식의 집합을 보고  $e_{di-5}$ 에 직교한다고 말하는데 네개의 오중이 입력되는 다수결논리 판결장치에서는 오류심볼  $e_{di-5}$ 에만 단일오류가 발생하거나 또는 동시에 다른 하나의 오류심볼에서도 오류가 발생, 두개의 오류가 동일 오중내에 발생하여도 세개 또는 네개의 오중의 값이 전부 동시에 오류심볼  $e_{di-5}$ 로 나타내므로 다수결논리에 의해 오류심볼로서 인정된다.

그러나 네개의 오중들중에서 두개 이하가 동시에 하나의 오류심볼값으로 표현된다면 오류심볼 값은 0으로 처리되어진다. 다수결논리장치의 출력중 한쪽은 출력심볼  $r_{di-5}$ 로 전송, 출력  $r_{di-5}$ 에서  $e_{di-5}$ 를 뺌으로써 오류정보심볼을 정정하게되며 다른 한쪽의 출력은 세개의 오중  $S_i, S_{i-1},$

$S_{i-2}$ 로 귀환시킴으로써 오중들속에 있는  $ed_{i-5}$  라는 오류 성분을 제거시키게 된다.

2.4 오류 성능 분석

2.4.1 단일오류정정시의 오류성능분석

오류의 발생이 복호기의 오류정정 능력의 한계를 벗어나는 경우, 즉 네개의 수신심볼 데이터중 두개이상에 오류가 생겼을경우에 대해 성능분석을 시도함으로써 시스템 성능을 판별할 수 있는데 오류를 포함하고 있는 입력패턴과 오류정정회로를 거친 후의 출력패턴의 오류를 비교하므로써 시스템에 대한 오류성능을 구할 수가 있게 된다.

표 (2-4-1) 에는 특정 수신신호  $S(t_{i-1})$ 에 오류가 발생했을때 차동검파 과정상 영향을 미치는 신호와 reference와의 관계를 보여주고 있다.

	$S(t_{i-3})$	$S(t_{i-2})$	$S(t_{i-1})$	$S(t_i)$	$S(t_{i+1})$
정보심볼 데이터		$REF_{D_{i-1}}$	$SIG_{D_{i-1}}$ $REF_{D_i}$	$SIG_{D_i}$	
패러티 데이터	$REF_{P_{i-1}}$		$SIG_{P_{i-1}}$ $REF_{P_i}$		$SIG_{P_{i+1}}$

표 2-4-1 신호와 reference와의 관계

출력오류확률은 수정되지 않은 출력심볼들과 각각의 오류패턴에 해당하는 출현확률(Occurrence Probability)의 곱을 전부 더함으로써 구할 수가 있는데 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\text{출력 심볼오류확률} = \sum (\text{비수정된 출력심볼의 수} \cdot \text{해당 오류패턴의 출현확률})$$

여기서, 네개의 수신입력오류  $ed_{i-1}, ed_i, pd_{i-1}, pd_{i+1}$  중 두개의 특정오류를 갖고 있는 입력오류 심볼패턴 수가 24개 일때 오류정정회로를 거친 전체 출력 심볼 오류의 갯수는 20개이며, 세개의 특정오류일때는 각각 32개, 56개 그리고 네개일때는 각각 16개, 32개가 됨을 알 수가 있다. 이때 오류데이터는 2 와 -2 두가지뿐인데 이유는 송신단에서 차동부호화시 Gray 부호를 적용시켰기때문이다.

이로부터 출력 오류확률  $P_o$ 를 구해보면

$$P_o = 20 P_D + 56 P_T + 32 P_4' \quad (2-4-1)$$

여기서  $P_D, P_T, P_4'$  는 각각의 입력오류패턴에서 두개, 세개, 네개의 심볼오류가 발생할 출현확률을 말한다.

reference 신호의 위상오류가  $\theta_1$ 이라할때 검파기출력단에서의 오류확률을 구해보면 다음 식으로 구할 수 있는데

$$P(E/\theta_1) = 1 - \int_{\theta_1 - \pi/m}^{\theta_1 + \pi/m} f(\theta) d\theta \quad (2-4-2)$$

이다. 이 식의 위상과 확률과의 관계를 쉽게 볼 수 있도록 그림 (2-4-1)로 그려져 있다.

$f(\theta)$ 는 가우시안 잡음하에서 반송파의 위상 변동에 대한 확률밀도함수로서 Proakis[2]의 저서에 유도과정이 설명되어져 있다.

$$f(\theta) = \exp(-R/2\pi) + \frac{1}{2} \sqrt{R/\pi} \exp(-R \sin^2 \theta) \cdot \text{COS}\theta \cdot [1 + \text{erf}(\sqrt{R} \text{COS}\theta)] \quad (2-4-3)$$

여기서 R 는 신호대 잡음비를 말한다. 식 (2-4-3)의 확률밀도함수를 가지고 reference 위상오류에 의한 심볼오류의 평균을 위한 식은 다음과 같이 일반적으로 쓸 수 있는데

$$P_t = \int_{-\pi}^{\pi} [P_1(E/\theta_1)]^t f(\theta_1) d\theta_1 \quad (2-4-4)$$

이다.[8]

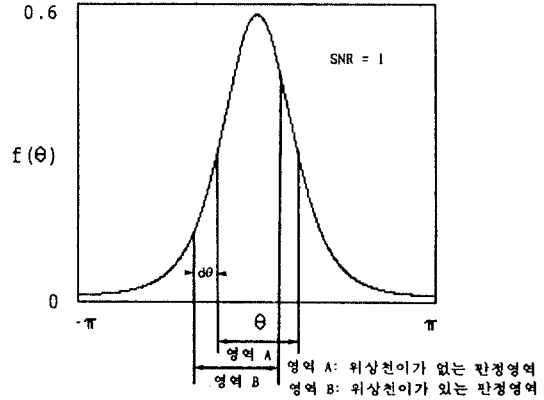


그림 2-4-1 위상과 확률과의 관계

따라서 위상오류로 인하여 특정 심볼오류 두개가 발생할 확률의 평균확률  $P_2$ 는 세개, 네개의 입력오류패턴중 두개의 특정오류와 위치가 동일한 곳에 두개의 오류가 발생시키면 함께 포함시킨다. 마찬가지로  $P_3, P_4$  를 구하면

$$P_2 = 2^2 P_D + 2 \cdot 2^3 P_T + 2^4 P_4' \quad (2-4-5)$$

$$P_3 = 2^3 P_T + 2^4 P_4' \quad (2-4-6)$$

$$P_4 = 2^4 P_4' \quad (2-4-7)$$

이다.

이제 식 (2-4-5)와 식 (2-4-6) 그리고 식 (2-4-7)을 식 (2-4-1)에 대입하면 우리가 구하고자 하는 오류확률식을 구할 수가 있다.

$$P_o = 20 P_D + 56 P_T + 32 P_4' = 5P_2 + 3 P_3 \quad (2-4-8)$$

2.4.2 두개의 오류 정정시의 오류성능분석

특정 오류수신신호  $S(t_i)$ 는  $SIG_{D_i}, SIG_{D_{i+1}}, SIG_{P_i}, SIG_{P_{i+1}}, REF_{P_{i+3}}, REF_{P_{i+6}}$  로서 동시에 작용하기때문에 정보심볼데이터  $rd_i, rd_{i+1}$  그리고 패러티심볼데이터  $rp_i, rp_{i+1}, rp_{i+3}, rp_{i+6}$  에 검출하는데 있어서 오류를 만들 확률이 매우 높다.

이와 같은 관계를 이용하여 오류정정후의 오류확률을 이론적으로 구할 수가 있는데 먼저 세개이상의 오류에 대한

입력 오류 심볼패턴의 수와 오류정정후의 전체 오류 심볼의 수를 구하면 다음과 같다. 여섯개의 입력심볼중 특정한 세개의 심볼에 오류가 생길 입력 오류 심볼 패턴의 수는

$$\binom{6}{3} \cdot 2^3 = 160 \text{ 개이고 해당하는 정정 회로의 출력 오류 심볼의 전체 수는 } 114 \text{ 개이다. 네개의 심볼에 오류가 발생할}$$

입력 오류 패턴의 수는  $\binom{6}{4} \cdot 2^4 = 240$  개, 그리고

출력 오류 심볼의 전체 수는 362개이다. 다섯개의 오류

시에는 각각  $\binom{6}{5} \cdot 2^5 = 192$ 개, 363개이고 여섯개 전

부가 오류일때는 각각  $\binom{6}{6} \cdot 2^6 = 64$ 개, 128개가 된다.

따라서, 출력심볼오류확률은 출현확률로부터 다음과 같이 구할 수가 있다.

$$P_{o2} = 114 P_T + 362 P_4' + 363 P_5' + 128 P_6' \quad (2-4-9)$$

여기서, 출현확률은 여섯개의 입력심볼중 세개이상에서 Reference에 의해 오류가 생길 평균확률  $P_3, P_4, P_5, P_6$ 로부터 쉽게 구할 수가 있는데

$$\begin{aligned} P_3 &= 2^3 P_T + 3 \cdot 2^4 P_4' + 3 \cdot 2^5 P_5' + 2^6 P_6' \\ P_4 &= 2^4 P_4' + 2 \cdot 2^5 P_5' + 2^6 P_6' \\ P_5 &= 2^5 P_5' + 2^6 P_6' \\ P_6 &= 2^6 P_6' \end{aligned} \quad (2-4-10)$$

이다.

따라서, 식 (2-4-10)를 식 (2-4-9)에 대입함으로써 우리가 원하는 출력 오류심볼 확률식  $P_{o2}$ 를 구할 수가 있게 된다.

$$\begin{aligned} P_{o2} &= 114 \left\{ \frac{1}{2^3} (P_3 - 3 P_4 + 3 P_5 - P_6) \right\} \\ &+ 362 \left\{ \frac{1}{2^4} (P_4 - 2 P_5 + P_6) \right\} \\ &+ 363 \left\{ \frac{1}{2^5} (P_5 - P_6) \right\} \\ &+ 128 \cdot \frac{1}{2^6} P_6 \end{aligned} \quad (2-4-11)$$

### 제 Ⅲ 장 비 교 및 검 토

본 장에서는 오류정정회로를 사용했을때와 사용하지전의 오울을 비교, 검토해보자. 그림 (3-1)에는 동기검파시의 오울과 기존 DPSK 시스템의 오울 (1차 차동검파기의 오울을 말함) 그리고 식 (2-4-8)에서 구한 단일오류정정후의 오울과 식 (2-4-11)에서 구한 두개의 오류정정후의 오울에 대해서 비교되어져 있다.

그리고, 본 논문에서는 실질적으로 단일오류의 경우에 있어서 정정회로를 거쳤을때 성능이 개선되는지의 여부를 확인하기위해 그림 (3-3)에서처럼 시뮬레이션을 통해 구한 오울식과 동기검파시의 이론적 오울과의 비교를 하였다.

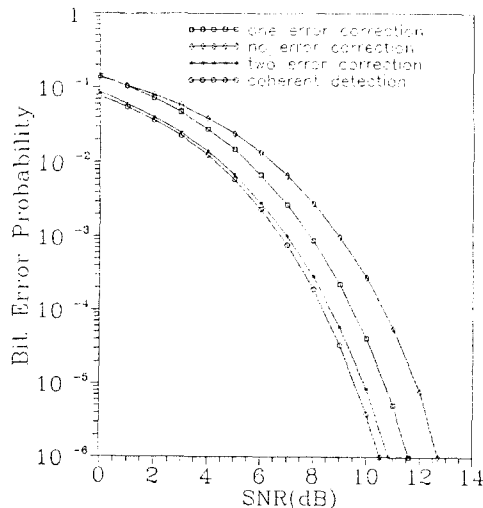


그림 3-1 오류정정시의 이론적 오류성능

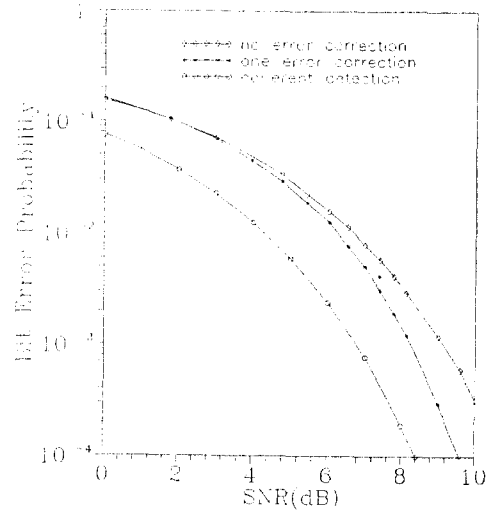


그림 3-2 컴퓨터 시뮬레이션을 거친 오류성능

### 제 Ⅳ 장 결 론

본 논문에서는 디지털 이동통신에서의 변조방식으로서 선형변조방식인  $\pi/4$  QPSK 변조시스템을 소개하였다. 그리고 복조방식으로서 차동검파방식에 대해서 알아보았다. 또한, 차동검파방식의 특성중 하나로 K차 차동검파기의 출력이 K개의 정보심볼의 합내지 곱으로 표현되는 패러티 심볼기능을 갖고있음을 이용하여 검파기후단에 두가지의 다수결논리 복호기를 연결시켰다. 이러한 복조회로의 구성은 채널잡음에의해 차동 검파 과정에서 생기는 오류를 제거시킬 수 있는데 심볼오류가 하나일때와 두개일때 정정을 시도함으로써 성능개선을 꾀하였다. 아울러, 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 실제로 오류가 정정됨을 확인하였다.

그리고 앞으로 이러한 이론적 체계가 실용화 단계에 접어들 수 있도록 뒷받침 되어야겠다.

### 참 고 문 헌

1. Andrew J. Viterbi and Jim K. Omura, Principles of Digital Communication, McGraw-Hill, 1979.
2. John G. Proakis, Digital Communication, McGraw-Hill, 1983, pp.167.
3. Kamilo Feher and Chia-Liang Liu, "Noncoherent Detection of  $\pi/4$ -QPSK systems in a CCI-AWGN Combined Interference Environment", 39<sup>th</sup> IEEE Globecom, pp. 165-168, 1987.
4. P. E. K. Chow and D. H. S. Ko, "Improving DCPSK Transmission by Means of Error Control", IEEE Trans. on Comm. Tech., October, 1971.
5. Yoshihiko Akaiwa and Yoshinori Nagata, "Highly Efficient Digital Mobile Communications with a Linear Modulation Method", IEEE Journal on Selected Areas in Comm., Vol. SAC-5, No. 5, June, 1987.
6. Shigeru Ono, Noriaki, and Yoshihito Shimazaki, "Digital Cellular System with Linear Modulation", 39<sup>th</sup> IEEE Vehicular Tech. Conference Vol.1 pp.

- 44-49, 1989.
7. T. Masamura, S. Samejima, Y. Morihira, and H. Fuketa, "Differential Detection of MSK with Nonredundant Error Correction", IEEE Trans. on Comm. Vol. Com-27, No. 6, June, 1979.
  8. S. Samejima, K. enomoto, and Y. Watanabe, "Differential PSK System with Nonredundant Error Correction", IEEE Journal on Selected Areas in Comm., Vol. SAC-1, No. 1, January, 1983.
  9. 최 중호, 한 영렬, "오류제어능력을 보유한 연속 위상 협대역 주파수 차동복조기", 하계종합학술발표회논문집, 제 9 권, 제 2 호, pp. 43 - 47, 1990.
  10. 한 영렬, DIGITAL 이동통신의 기술과 발전동향, 정보 기술연구소, PP. 25 -109, 1990.