DBpia

DS/CDMA 역방향 링크 Peak-to-Average Ratio 개선 방법

정회원 우 정 효*, 이 채 관*, 안 재 민**, 정회원 윤 순 영**, 김 제 우*

Peak-to-Average Ratio Reduction for DS/CDMA Reverse Link

Jung-Hyo Woo*, Chae-Kwan Lee*, Jae-Min Ahn**, Soon-Young Yoon**, Je-Woo Kim*
Regular Members

요 약

DS/CDMA 방식의 역방향 링크 구조에서 Peak-to-Average Ratio(PAR) 성능은 대역 확산 신호의 위상의 변화로 해석된다. 본 논문에서는 대역확산 신호의 위상 변화를 이용하여 PAR 특성을 해석하는 방 법을 제안한다. 이러한 해석 방법을 토대로 기존의 방법을 분석하고, 몇 가지 PAR 성능 개선 방법의 예를 제시하였다. 또한 제시된 방법이 BER성능에서도 기존의 방법과 큰 차이가 없음을 확인하였다.

ABSTRACT

In the reverse link of DS/CDMA systems, the Peak-to-Average Ratio (PAR) performance can be analyzed by phase variations of spread signals. In the paper, we propose a PAR analysis method using phase variations of signals. Using this method, we analyze the PAR performances of existing spreading methods and suggest several methods improving the PAR performances. Also we show the proposed methods have negligible BER degradation compared to the existing ones.

Ⅰ. 서 론

디지털 이동 통신의 접속 방법으로는 CDMA와 TDMA방식이 시장을 분할하여 사용되고 있으나, 차세대 이동 통신 시스템으로 연구 개발되는 IMT-2000 시스템에서는 광대역 CDMA방식으로 대체적으로 의견이 통합되어 있다. 북미에서는 이미 IS-95시스템을 기반으로 하는 광대역 CDMA시스템을 개발하기로 하고 CDMA developing group (CDG)과 TIA산하 TR45.5 위원회에서 radio transmission technology (RTT)에 대한 공동 안을 제출하고 있으며, 일본에서도 NTT DoCoMo 등이 광대역 CDMA 방식으로 IMT-2000 시스템의 testbed를 구축하고, 이를 바탕으로 유럽세와 더불어 공동 안을 준비하고 있다. 국내에서도 디지털 이동 통신뿐만 아니라 PCS까지도 CDMA방식으로 표준으로 정해진 상태에서 CDMA에 대한 연구가 다양하게 진행되고 있으며, IMT-2000시스템의 접속 방식으로 광대역 CDMA시스템으로 표준화가 이루어질 전망이다.

DS/CDMA 시스템에서는 여러 채널의 신호를 결합하여 전송하는 경우, 진폭 변화가 심하기 때문에 전력 증폭기의 선형성에 크게 영향을 받는다. 이는

* 부산대학교 공과대학 전자공학과 통신시스템 연구실(jewkim@hyowon.cc.pusan.ac.kr)
** 삼성전자 정보통신총괄 정보통신 개발센터 IMT-2000 시스템 개발 그룹
논문번호:98510-1124, 접수일자: 1998년 11년 24일

www.dbpia.co.kr

송신 신호를 저역 또는 대역 여파하여 스펙트럼을 원하는 수준으로 제안하여도 전력 증폭기를 통과하면 스펙트럼 regrowth현상이 발생하기 때문이다. 따라서, 이러한 현상을 피하는 방법으로는 첫째, 전력 효율은 나쁘나 선형성이 좋은 전력 증폭기를 이용하는 방법 둘째, 대역 또는 저역 여파를 규정된 것보다 훨씬 심하게 하여 전력 증폭기를 통과한 출력이 규정된 스펙트럼 특성을 만족하게 하는 방법 셋째, 저역 여파를 한 신호의 peak-to-average ratio (PAR)를 줄이는 방법 등이 있다. 첫번째 방법은 선형 증폭기의 전력 효율이 나쁘기 때문에 이동 단말기에는 적용이 용이하지 못하고, 두 번째 방법 또한 심한 여파를 하는 경우 신호의 왜곡이나 여파를 위해서 많은 계산이 필요하므로 바람직하지 않다. 따라서 이동 단말기에는 세번째 방법을 이용하여 성능을 개선하는 것이 바람직하다.

본 논문에서는 전력 증폭기의 설계를 용이하게 하며, 단말기의 전력 효율을 개선하는 방안으로 PAR을 줄이는 방법에 대해 연구한다. PAR 개선 방법은 유선 모뎀의 QAM 방식에서는 PAR 성능이 우수한 constellation에 신호를 대응시키는 방법을 이용하였고[5,6], 무선 통신에서는 OFDM 방식에서 PAR을 최소화 시키는 부분 시퀀스를 전송하는 방법 등에 대한 연구가 수행 되어 왔으나[11,12], CDMA 방식에서는 지금까지 체계적인 연구가 진행되지 못했다.

본 논문에서는 역방향 링크 구조에서 확산된 신호의 위상 변화를 이용하여 PAR 특성을 해석하는 방법을 제안하고, 제안된 방법을 이용하여 기존의 확산 방법에 대해 PAR 특성을 분석하고, 몇 가지 PAR 성능 개선 방법의 예를 제시하였다. 또한 제시된 예가 BER 성능이 기존의 방법에 비해 큰 차이가 없음을 보인다.

Ⅱ. 본 론

1. 역방향 링크의 채널 구조

역방향 링크의 채널 구조를 그림 1에 나타내었다[1]. 전송될 데이터들은 각각 알맞은 채널로 할당되어 각 채널에 따른 오류 정정 부호화를 거친 후 0과 1은 각각 1과 -1로 2진 변환된다. 2진 변환된 신호는 확산을 위해 그림 1에 나타낸 역방향 링크 구조의 각각의 채널로 입력된다. 입력된 데이터들은 각 채널의 분리를 위해 channelization code를 곱한 후 채널에 알맞은 이득(gain)으로 신호를 조정한다. 이렇게 만들어진 각 채널의 데이터들은 확산 부호(spreading code)와 복소 곱셈기(complex multiplier)에 의해 확산된다. 확산된 데이터는 I 채널과 Q 채널로 나누어진 후 저역 여파되고 전력 증폭기를 통과한 후 변조되어 전송된다.

역방향 링크에서 PAR 성능은 복소 곱셈기 출력 신호의 constellation과 그 constellation의 천이를 나타내는 trajectory로 분석할 수 있다. 각 채널의 특정한 BER 또는 FER 성능을 얻기 위한 최적의 전력비가 고정되므로[13] 각 채널의 이득의 함수인 constellation를 이용한 PAR 성능 향상 방법은 본 논문에서는 고려하지 않는다. 따라서 각 채널의 데이터, channelization code와 확산 부호의 함수인 trajectory만을 이용하여 PAR 성능을 분석한다. 분석을 위해 trajectory를 사분면의 천이로 분류하면, 이전 사분면을 그대로 유지하는 hold형, 이전의 사분면에서 인접한 사분면으로 천이하는 $\pi/2$DPSK형, 이전의 사분면에서 인접하지 않은 사분면으로 천이하는 zero-crossing (ZC)형이 있다. 이 중에서 PAR 성능을 저하시키는 영교차가 일어나는 천이는 ZC형이다. 이에 ZC형 천이가 어떠한 조건에서 일어나는지를 분석하고, 이를 해결하는 방법을 제시한다.

2. 수학적 모델링

그림 1에서 PAR 성능 분석을 위해 복소 곱셈기의 출력 신호 $x(t)+jy(t)$를 복소 곱셈기의 입력 신호인 각 채널의 데이터, channelization code와 확산 부호로 나타낸다. 먼저 입력 신호 $x(t)+jy(t)$는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} x(t)+jy(t) = & \{G_p W_p(t) d_p(t) + G_c W_c(t) d_c(t)\} \\ & + j\{ G_f W_f(t) d_f(t) + G_s W_s(t) d_s(t)\} \end{aligned} \quad (1)$$

여기서, G는 각 채널에 곱해지는 이득이고, W는 각 채널의 분리를 위해 사용되는 channelization code를, 그리고 d는 각 채널의 데이터를 나타낸다. 아래 첨자 p는 pilot 채널, c 는 control 채널, f는 fundamental 채널, 그리고 s는 supplemental 채널을 나타낸다.

식 (1)은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} x(t)+jy(t) = & \sqrt{x(t)^2+y(t)^2} \\ & \exp\{j \tan^{-1}(y(t)/x(t))\} \end{aligned} \quad (2)$$

www.dbpia.co.kr

같은 방법으로, 그림 1에서 복소 곱셈기의 입력신호 $PN_i(t)+jPN_q(t)$는 다음과 같다.

$$PN_i(t)+jPN_q(t)=\sqrt{PN_i(t)^2+PN_q(t)^2}\exp\{j\tan^{-1}(PN_q(t)/PN_i(t))\} \quad (3)$$

식 (2)와 식 (3)에서 복소 곱셈기의 출력 $I(t)+jQ(t)$는 다음과 같다.

$$I(t)+jQ(t)=A(t)\exp\{j\theta(t)\}\exp\{j\sigma(t)\}$$

여기서, $A(t)=\sqrt{x(t)^2+y(t)^2}\sqrt{PN_i(t)^2+PN_q(t)^2}$

$\theta(t)=\tan^{-1}(y(t)/x(t))$

$\sigma(t)=\tan^{-1}(PN_q(t)/PN_i(t))$ 이다.

식 (4)에서 복소 곱셈기의 출력의 위상은 데이터와 channelization code에 의해 생성되는 위상에 확산 부호에 의해 만들어지는 위상의 합이다.

각 조건에 따른 trajectroy의 관찰을 위해 식 (4)를 이용하여 복소 곱셈기의 출력 $I(t)+jQ(t)$의 시간에 따른 위상의 변화량 $\triangle\phi(t)$를 식 (5)에 나타내었다

$$\begin{aligned}\triangle\phi(t) &=\{\theta(t+1)+\sigma(t+1)\}-\{\theta(t)+\sigma(t)\}\\ &=\{\theta(t+1)-\theta(t)\}+\{\sigma(t+1)-\sigma(t)\}\\ &=\triangle\phi_d(t)+\triangle\phi_s(t)\end{aligned} \quad (5)$$

여기서, $\triangle\phi_d(t)=\theta(t+1)-\theta(t)$

$\triangle\phi_s(t)=\sigma(t+1)-\sigma(t)$ 이다.

식 (5)에서 위상의 변화량은 데이터와 channelization code에 의한 위상의 변화량과 확산 부호의 변화량의 합이다. 각각의 위상변화의 분석을 위해 먼저 데이터와 channelization code에 의한 위상의 변화량 $\triangle\phi_d(t)$를 Euler's formula와 삼각함수의 성질을 이용하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}\triangle\phi_d(t)&=\tan^{-1}\left(\frac{Im\{\exp[j\{\theta(t)-\theta(t+1)\}]\}}{Re\{\exp[j\{\theta(t)-\theta(t+1)\}]\}}\right)\\ &=\tan^{-1}\left(\frac{\sin(\theta(t))\cos(\theta(t+1))-\cos(\theta(t))\sin(\theta(t+1))}{\cos(\theta(t))\cos(\theta(t+1))+\sin(\theta(t))\sin(\theta(t+1))}\right)\end{aligned} \quad (6)$$

여기서 Re{.}는 복소수의 실수부이고, Im{.}은 복소수의 허수부를 나타낸다.

식(3)에서 $\theta(t)=\tan^{-1}(y(t)/x(t))$이므로

$$x(t)=\cos(\theta(t)) \quad (7)$$

$$y(t)=\sin(\theta(t)) \quad (8)$$

라 두면 식 (7)과 (8)을 이용하여 식 (6)은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\triangle\phi_d(t)=\tan^{-1}\left(\frac{y(t+1)x(t)-x(t+1)y(t)}{x(t+1)x(t)+y(t+1)y(t)}\right) \quad (9)$$

같은 방법으로 확산 부호에 의한 위상의 변화량 $\triangle\phi_s(t)$를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\triangle\phi_s(t)=\tan^{-1}\left(\frac{PN_q(t+1)PN_i(t)-PN_i(t+1)PN_q(t)}{PN_i(t+1)PN_i(t)+PN_q(t+1)PN_q(t)}\right) \quad (10)$$

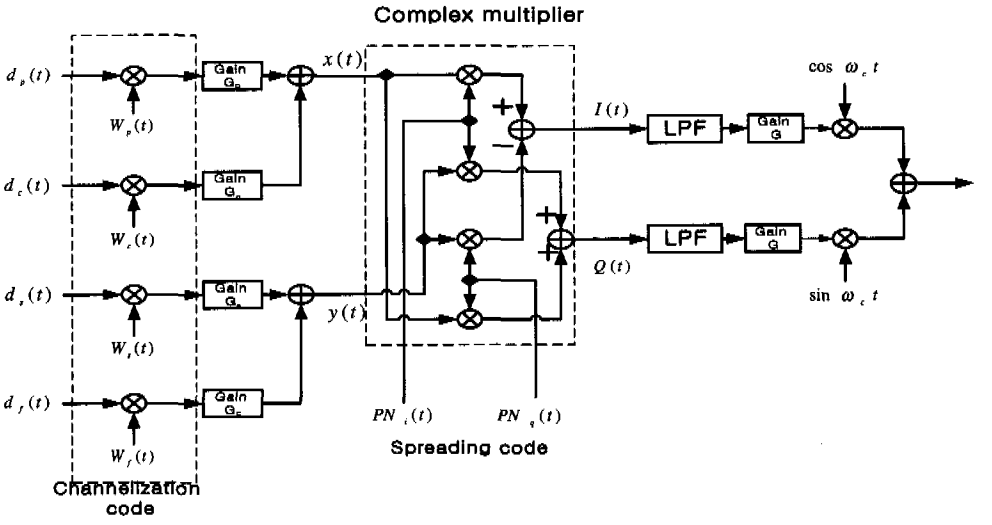


그림 1. 역방향 링크의 채널 구조

www.dbpia.co.kr

식 (5), 식 (9)와 식 (10)을 통하여 복소 곱셈기의 출력 위상의 변화를 조사할 수 있다. 이러한 위상의 변화를 이용하여 PAR 특성을 분석할 수 있다. 먼저 데이터는 channelization code의 주기 동안 변화하지 않으므로 각 데이터가 1이라고 가정하면 (1)은 다음과 같이 둘 수 있다.

$$x(t)+jy(t)=\{G_pW_p(t)+G_cW_c(t)\}+j\{G_fW_f(t)+G_sW_s(t)\} \quad (11)$$

식 (11)에서 각 채널의 이득에 의해 사분면을 천이 시키는 channelization code가 결정된다. 일반적으로 이득이 큰 channelization code가 사분면의 천이에 기여한다. 예를 들어 $G_c>G_p$ 이고 $G_s>G_f$ 이면 channelization code에 따른 천이는 다음과 같이 근사화 된다.

$$x(t)+jy(t)\simeq G_cW_c(t)+jG_sW_s(t) \quad (12)$$

식 (12)를 이용하면 식 (9)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\triangle\phi_d(t)=\tan^{-1}\left(\frac{G_cG_sW_s(t+1)W_c(t)-G_cG_sW_c(t+1)W_s(t)}{G_cG_cW_c(t+1)W_c(t)-G_sG_sW_s(t+1)W_s(t)}\right) \quad (13)$$

식 (13)에서 G_cG_s는 양의 상수이므로, channelization code의 변화에 따라 $\triangle\phi_d(t)$가 변화하게 되며 $\triangle\phi_d(t)$에 따라 사분면의 천이가 결정된다. 이에 channelization code에 따른 천이를 정리하면 표 1과 같다.

표 1. Channelization code의 변화에 따른 천이 분류

Channelization code의 변화	천이 종류
$W_c(t+1)=W_c(t)$ $W_s(t+1)=W_s(t)$	Hold
$W_c(t+1)=-W_c(t)$ $W_s(t+1)=W_s(t)$	$\pi/2$DPSK
$W_c(t+1)=W_c(t)$ $W_s(t+1)=-W_s(t)$	
$W_c(t+1)=-W_c(t)$ $W_s(t+1)=-W_s(t)$	ZC

마찬가지로 식 (10)에서 확산 부호의 변화에 따른 천이를 정리하면 표 2와 같다.

$$PN_i(t+1)=PN_i(t)$$
$$PN_q(t+1)=-PN_q(t)$$

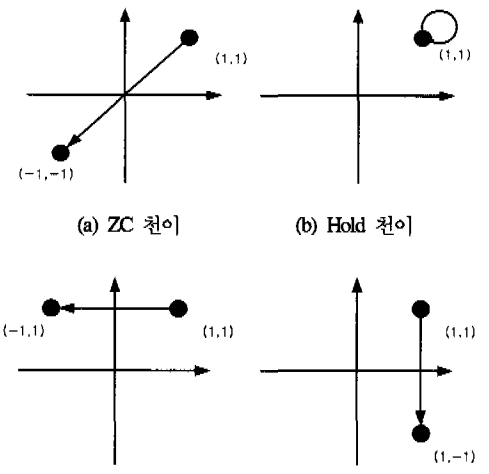
표 2. 확산 부호 변화에 따른 천이 분류

확산 부호의 변화	천이 종류
$PN_i(t+1)=PN_i(t)$ $PN_q(t+1)=PN_q(t)$	Hold
$PN_i(t+1)=-PN_i(t)$ $PN_q(t+1)=PN_q(t)$	$\pi/2$DPSK
$PN_i(t+1)=PN_i(t)$ $PN_q(t+1)=-PN_q(t)$	
$PN_i(t+1)=-PN_i(t)$ $PN_q(t+1)=-PN_q(t)$	ZC

표 1과 표 2를 사용하면 복소 곱셈기의 출력 위상의 변화를 사분면의 천이로, PAR 특성의 해석이 가능하다.

3. 확산 부호의 발생 예

확산 부호를 발생 시키는 방법은 상태 천이(state transition) 기법을 이용한다. QPSK 변조 시의 상태 천이를 기본 상태 천이(primitive state transition)라 하며, 이를 1사분을 기준으로 하여 그림 2에 나타내었다.



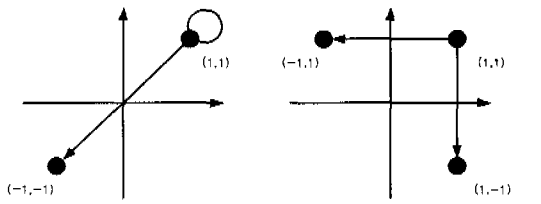
(a) ZC 천이 (b) Hold 천이

(c) $+\pi/2$DPSK 천이 (d) $-\pi/2$DPSK 천이

그림 2. 기본 상태 천이

www.dbpia.co.kr

기본 상태 천이를 이용하여 여러 가지 확장 상태 천이(extended state transition)를 구성한다. 기본 상태 천이가 4개이므로 이를 이용하여 만들어 낼 수 있는 상태 천이의 가지수는 11개 이다. 이러한 11개의 상태 천이의 경우 중 대표적인 천이를 그림 3에 나타내었다.



(a) ZC or Hold 천이 (ZCH 천이)

(b) π/2DPSK 천이 (D 천이)

(c) Hold or π/2DPSK 천이(ZCH천이)

(d) ZC or Hold or π/2DPSK천이 (QPSK 천이)

그림 3. 확장 상태 천이

그림 3의 (a)의 ZC or Hold(ZCH) 천이, (b)의 π/2DPSK 천이, (d)의 QPSK 천이를 조합하여 발생 시키는 블록도를 그림 4에 나타내었다.

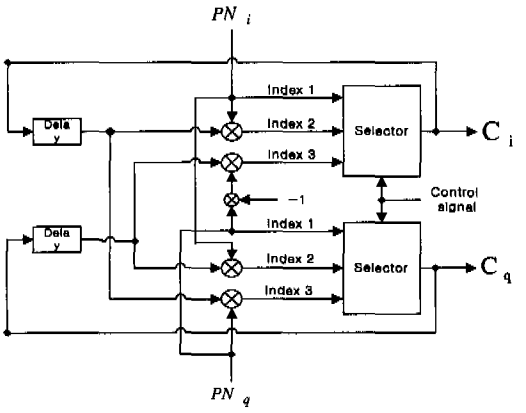


그림 4. 확산 부호 발생 블록도

그림 4에서 PN_i, PN_q는 IS-95 CDMA 시스템에 사용된 PN코드를 이용하였다. 블록도에서 control signal로 제어되는 selector블록이 index1의 신호를 선택하면 출력은 $C_i(t+1)=PN_i(t+1)$이고, $C_q(t+1)=PN_q(t+1)$이므로 QPSK 천이를, index2의 신호를 선택하면 출력은 $C_i(t+1)=PN_i(t+1)C_i(t)$이고 $C_q(t+1)=PN_i(t+1)C_q(t)$이므로 ZCH 천이를, index3의 신호를 선택하면 출력은 $C_i(t+1)=-PN_q(t+1)C_q(t)$이고, $C_q(t+1)=PN_i(t+1)C_i(t)$이므로 π/2DPSK 천이를 가지는 확산 부호를 발생한다.

기존에 제안된 확산 부호 발생 방식을 확장 상태 천이로 분석하면, 첫번째 QPSK 방식은 이전의 상태에서 위상이 0, $\pm\pi/2$, π로 변화할 수 있으므로 그림 3 (d)인 QPSK 천이에 대응한다. 이는 확산 코드 발생 블록도에서 index1의 신호만을 출력하면 된다. 두번째 ETRI와 Motorola에서 제안한 OCQPSK (Orthogonal Complex Quaternary Phase Shift Keying) 방식은 홀수번째 칩 시간에는 QPSK 천이를, 짝수번째 칩 시간에는 이전의 상태에서 위상이 $\pm\pi/2$로 제한되므로, 그림 3 (b)의 π/2DPSK 천이를 한다[2,3,4,7,8,9,10]. 즉, QPSK-π/2DPSK 천이에 해당하고 이후 QD 방식이라 칭한다. 이는 확산 부호 발생 블록도에서는 홀수번째 칩 시간에는 index1의 신호를, 짝수번째 칩 시간에는 index3의 신호를 출력함으로 구현이 가능하다.

4. PAR 성능 향상 방법

PAR 성능을 향상시키는 방법은 channelization code가 고정 되고 확산 부호 발생 방법으로 개선하는 경우와, 확산 부호 발생 방법이 고정 되고 channelization code를 가변 시키는 방법으로 개선하는 경우의 두 가지로 나누어 고려할 수 있다. 기본적으로 두 방법 모두 영교차의 발생 비율을 줄임으로 PAR 성능을 향상시키게 한다. Channelization code 고정 시에는 확장 상태 천이에서 나타낸 천이 방법들을 조합하여 만든 확산 부호를 사용하여 복소 곱셈기 출력의 영교차 비율을 줄인다. 다음으로 확산 부호 발생 방법이 고정 될 때에는 channelization code를 변화시킴으로 PAR 성능을 향상시킬 수 있다. 예를 들어 channelization code의 천이가 hold 또는 ZC 천이를 할 때는 확산 부호는 위상이 $\pm\pi/2$변화하는 π/2DPSK 천이를 사용하면 영교차

www.dbpia.co.kr

가 일어나지 않는다. 또한 channelization code에 의해 $\pi/2$DPSK 천이를 할 때는 확산 부호는 0 또는 π를 변화하는 ZCH 천이를 사용함으로 영교차가 일어나지 않게 하여 PAR을 향상시킬 수 있다.

4.1 Channelization code 고정시 확산 부호에 따른 PAR 성능 분석 및 개선 방법

Pilot, control, fundamental 채널을 이용하여, channelization code 고정시 확산 부호에 따른 PAR 성능을 분석 한다. Channelization code 조합의 고정을 위해서는 참고문헌[1]에 나타난 channelization code의 조합을 이용하였으며, 이를 표 3에 나타내었다.

표 3. Channelization code 조합

채널 종류	Channelization code
Pilot 채널	All 1's
Control 채널	+1 +1 +1 +1 1 1 1 1
Fundamental 채널	+1 +1 1 1
Supplemental 채널	+1 1

이득은 channelization code의 주기가 짧을수록 큰 값이 할당된다[1]. 시뮬레이션에 사용한 spreading factor와 이득을 표 4에 나타내었다.

표 4. 각 채널에 사용된 이득과 spreading factor

채널 종류	이득	Spreading factor
Pilot 채널	1	.
Control 채널	2	96
Fundamental 채널	2	64
Supplemental 채널	4	4

확산 부호 발생 방식에 따른 PAR 성능 분석을 위해, 먼저 channelization code에 의한 상태 천이를 살펴 보기로 한다. 표 4에서 $G_c > G_p$이고, supplemental 채널은 사용하지 않으므로 식 (11)은 다음과 같이 변형된다.

$$x(t)+jy(t) \simeq G_c W_c(t)+jG_f W_f(t) \qquad (14)$$

식 (14)에 의해 표 1에서 $W_s(t)$는 $W_f(t)$로 바뀐다. 표 1과 표 3에 의해 channelization code와 데이터에 의해 나타나는 천이는 홀수번째 칩 시간에는 ZC 또는 $\pi/2$DPSK천이를, 짝수번째 칩 시간에는 hold 천이이다. 또한 spreading factor를 고려하면, 홀수번째 칩 시간에서 ZC 천이 보다는 $\pi/2$ DPSK 천이의 비율이 높음을 알 수 있다. 이때 각 확산 코드 발생 방식에 따른 상태 천이를 알아보면, 첫번째로 QPSK 방식은 channelization code에 관계없이 모든 종류의 천이를 일으킨다. 이러한 QPSK 방식의 trajectory의 빈도를 그림 5에 나타내었다.

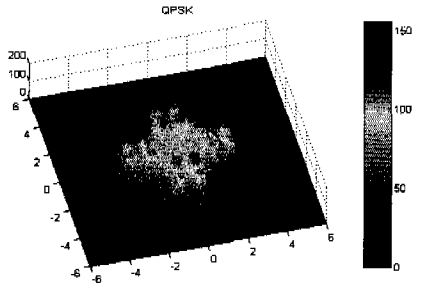


그림 5. QPSK 방식에 의한 확산 신호의 trajectory 빈도

이러한 trajectory는 확산 신호를 IS-95에서 사용한 48탭 저역 필터를 통과한 것이다. 그림 5에서 원점을 중심으로 높은 천이 빈도를 보이고 있다. 이는 QPSK 방식에서는 PAR 성능을 저하시키는 영교차 비율이 높음을 의미한다. 두번째로 QD 천이를 하는 QD 방식은 홀수번째 칩 시간에는 QPSK 천이를 하므로 모든 천이가 나타나지만, 짝수번째 칩 시간에는 channelization code에 의한 hold 천이가 확산 부호에 의해 $\pi/2$DPSK 천이로 변화된다. 이러한 이유로 QD 방식의 영교차 비율은 QPSK 방식에 비해 적어진다. QD 방식의 trajectory의 빈도를 그림 6에 나타내었다.

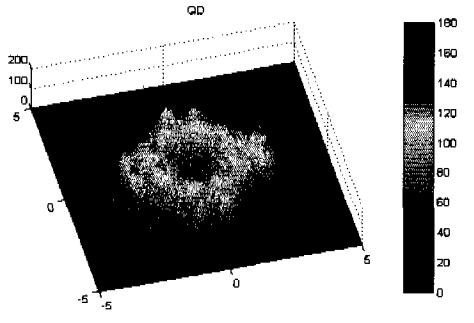


그림 6. QD 방식에 의한 확산 신호의 trajectory 빈도

www.dbpia.co.kr

그림 6을 그림 5와 비교하면 원점을 중심으로 한 영교차의 비율이 적어짐을 알 수 있다. 세번째로 홀수번째 칩 시간에는 ZCH 천이를, 짝수번째 칩 시간에는 $\pi/2$DPSK 천이의 조합을 이용한 방법을 고려한다 (ZD 방식). 이 방법은 channelization code에 의한 위상변화에서 홀수 칩 시간에 $\pi/2$DPSK 천이의 비율이 높음에 착안하여 ZCH 확산 방식을 이용 전체적으로 영교차를 줄인다. 이에 대한 trajectory의 빈도를 그림 7에 나타내었다.

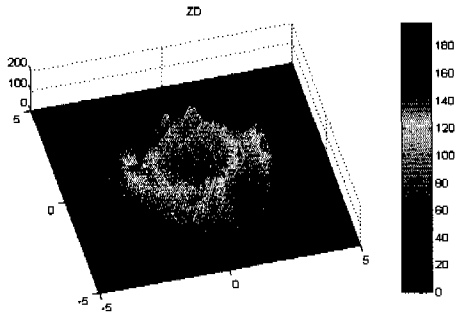


그림 7. ZD 방식에 의한 확산 신호의 trajectory 빈도

그림 7을 그림 6과 비교하면 그림 7의 영교차의 비율이 적어짐을 알 수 있다. 또 한가지 방법으로 QPSK 천이, $\pi/2$DPSK 천이, ZCH 천이, $\pi/2$DPSK 천이의 순서로 확산 부호를 구성하였다 (QDZD 방식). QDZD 방식에서 초기의 QPSK 천이를 ZCH 천이와 $\pi/2$DPSK 천이로 나누었을 때, ZCH- $\pi/2$DPSK-ZCH- $\pi/2$DPSK 천이의 조합과, $\pi/2$DPSK- $\pi/2$DPSK-ZCH- $\pi/2$DPSK 천이의 조합으로 나타낼 수 있다. 이는 결과적으로는 ZD 방식에서 초기 확산 부호의 랜덤성을 높이기 위해 제시된 확산 부호 방법이다. 제시된 QDZD 방식의 trajectory의 빈도를 그림 8에 나타내었다.

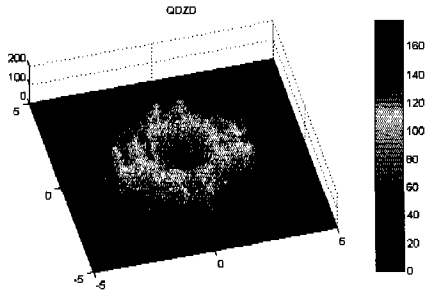


그림 8. QDZD 방식에 의한 확산 신호의 trajectory 빈도

그림 7과 비교하여 그림 8은 영교차의 비율은 늘어나지만, 그림 6에 대해서는 영교차의 비율이 적어짐을 알 수 있다.

4.2 확산 부호 발생 방법 고정시 channelization code의 조합에 따른 PAR 성능 분석 및 개선 방법

이 경우의 해석을 위해 확산 부호 발생 방식은 QD 방식을 이용하며, 채널은 pilot, control, supplemental 채널을 사용하고, 채널에 대한 이득과 spreading factor, channelization code의 조합은 표 3과 표 4를 적용한다. 먼저 표 4에서 $G_s > G_J$이고, fundamental 채널은 사용하지 않으므로 식 (11)은 다음과 같이 변형된다.

$$x(t)+jy(t) \approx G_c W_c(t)+jG_s W_s(t) \tag{15}$$

식 (15)를 이용하여 표 3에 나타낸 channelization code에 따른 천이는 홀수번째 칩 시간에는 $\pi/2$ DPSK 천이의 비율이 높은 QPSK의 천이를, 짝수번째 칩 시간에는 $\pi/2$DPSK 천이를 한다. 이에 QD 방식을 사용하면, 짝수번째 칩 시간에서 영교차의 비율이 늘어난다. 이에 대한 trajectory의 빈도를 그림 9에 나타내었다.

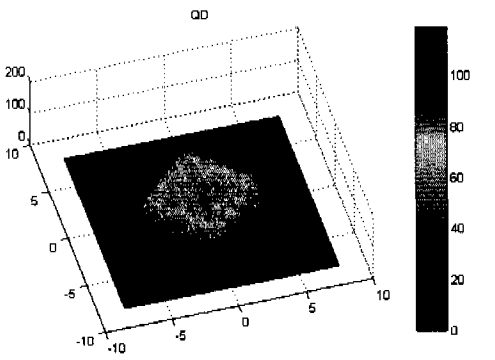


그림 9. 표 3의 channelization code를 이용한 확산 신호의 trajectory 빈도

영교차의 비율을 줄이기 위해 channelization code의 조합을 표 5와 같이 바꾸면, 짝수 칩 시간에서 channelization code에 의한 천이가 hold 천이가 되므로 영교차를 줄일 수 있다. 이에 대한 trajectory의 빈도를 그림 10에 나타내었다.

www.dbpia.co.kr

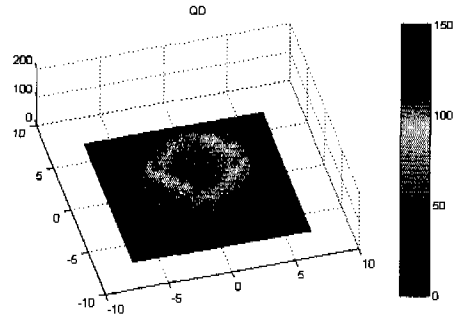


그림 10. 표 5의 channeli·zation code를 이용한 확산 신호의 trajectory 빈도

표 5. Channelization code의 조합

채널 종류	Channelization code
Pilot 채널	All 1's
Control 채널	+1 +1 +1 +1 +1 +1 +1 +1 1 1 1 1 1 1 1 1
Fundamental 채널	+1 +1 +1 +1 1 1 1 1
Supplemental 채널	+1 +1 1 1

위에서 살펴 본 바와 같이 DS/CDMA 시스템의 PAR 성능은 channelization code 고정시 에는 확산 부호 발생 방법을 이용하고, 반대로 확산 부호 발생 방법이 고정 될 때에는 channelization code 의 조합을 이용하여 최적화 할 수 있다.

Ⅲ. 시뮬레이션 결과

1. PAR 시뮬레이션 결과

PAR 성능을 위한 시뮬레이션은 확산 부호 발생 방법을 변화 시키는 방법과 channelization code를 변화 시키는 방법으로 나누어서 행하였다. 첫번째로 확산 부호 발생 방법에 따른 PAR 시뮬레이션을 위해서는 pilot, control, fundamental 채널을 사용하였고, channelization code 조합, 채널에 대한 이득과 spreading factor는 표 3과 표 4에 있는 값을 사용하였다. 사용된 저역 필터는 IS-95 타입의 48탭 필터를 사용하였다. 이때 확산 부호 발생 방식에 따른 PAR 성능을 그림 11에 나타내었다.

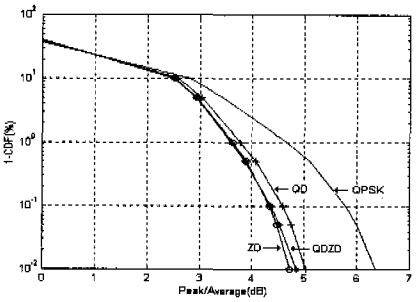


그림 11. 확산 부호 발생 방식에 따른 PAR 성능

그림 11에서 QD 방식은 QPSK 방식에 비해 1-CDF가 10E-2(99%전력)에서 PAR이 약 1.3dB정도의 성능 향상이 있었다. 이는 QPSK 천이에서 홀수 칩 시간마다 π/2DPSK 천이를 하게 함으로 영교차 현상을 줄임으로 얻어진 결과이다. 예로 든 ZD 방식은 짝수 칩 시간 뿐 아니라 홀수 칩 시간에서도 확산 부호에 ZC 천이를 이용, 복소 곱셈기의 출력 신호의 영교차를 줄임으로 1-CDF가 10E-2에서 PAR이 QD 방식보다 약 0.3dB의 성능 향상을 이루었다. 초기 확산 부호의 랜덤성을 높이기 위해 제안 되었던 QDZD 방식은 QPSK 천이가 사용되므로 성능이 ZD 방식에 비해 저하 되었지만, 1-CDF가 10E-2에서 PAR이 QD 방식에 비해 약 0.15dB 정도의 성능이 향상 된다.

두 번째로 channelization code에 따른 PAR 시뮬레이션 환경은 pilot, control, supplemental 채널을 사용하였고, 채널에 대한 이득과, spreading factor 및 channelization code는 표 3, 표 4와 표 5에 있는 값을 사용하였다. 확산 부호 발생 방법을 QD 방식으로 고정하였을 때 channelization code에 따른 PAR 성능을 그림 12에 나타내었다.

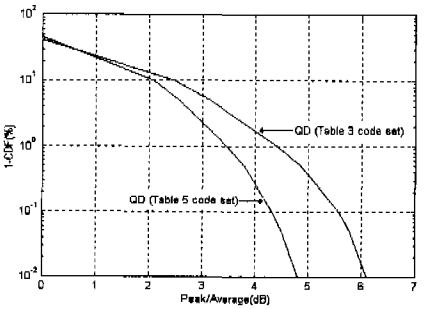


그림 12. Channelization code에 따른 PAR 성능

www.dbpia.co.kr

그림 12에서 channelization code의 조합을 표 3에서 표 5로 변화 시킴으로 동일한 확산 부호 발생 방식을 사용하는 환경에서 PAR 성능이 1-CDF가 10E-2에서 약 1.3dB의 성능 향상이 있었다.

2. BER 시뮬레이션 결과

확산 부호 발생 방식 중 랜덤성이 가장 높은 방식은 QPSK 방식이다. QPSK 방식과 비교하여, 다른 확산 부호 발생 방식들은 랜덤성을 줄이므로 PAR의 성능이 개선 되었다. 하지만 BER 관점에서 랜덤성을 줄이는 것은 BER 성능을 저하 시킬 수 있으나, 시뮬레이션에 의하면 BER 성능 열화는 거의 없었다. 시뮬레이션의 환경은 다음과 같다. Pilot, control, fundamental 채널을 사용하였고, channelization code, 채널에 대한 이득과 spreading factor는 표 3과 표 4에 있는 값을 사용하였다. 송신 신호에 10개의 다른 사용자의 간섭 신호를 더하였다. 그림 13과 그림 14에서 S는 송신 신호의 전력을 나타내고, I는 간섭 신호의 전력을 N은 잡음의 전력을 나타낸다.

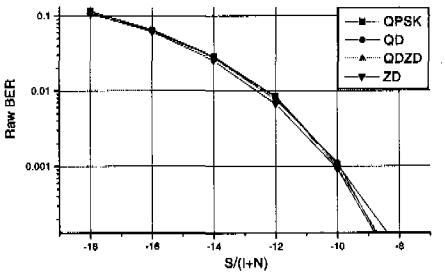


그림 13. I/N = 0(dB) 일때 비트오율

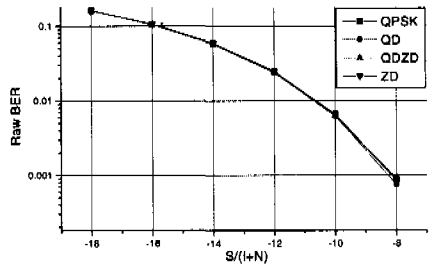


그림 14. I/N = 10(dB) 일때 비트오율

그림 13과 14에서 예를 든 PAR 개선 방안인 ZD, QDZD, QD 방식은 기존의 QPSK 방식과 비교하여 BER 성능의 저하가 거의 없음을 알 수 있다.

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 DS/CDMA 시스템의 역방향 링크에서 PAR 성능을 분석하는 방법을 제안하고 이에 따라 PAR 성능을 개선하는 방법의 예를 제시하였다. PAR 성능을 좌우하는 복소 곱셈기의 출력 위상 변화는 데이터와 channelization code에 의한 위상의 변화에 확산 부호의 위상 변화량의 합으로 유도됨을 보였고, 데이터와 channelization code에 의한 위상의 변화를 사분면의 상태 천이로 근사화 하여 분석하는 방법을 제안하였다. 이러한 분석 방법을 이용하여 PAR 성능을 저하 시키는 위상 영교차를 줄이는 방법에 대해, channelization code가 고정될 때 확산 부호 방식을 변화 시키는 방법과, 확산 부호 발생 방식을 고정하였을 때 channelization code를 변화 시키는 방법으로 나누어 설명하였다. 확산 부호를 변화 시키는 방법에서는 PAR 성능이 개선되는 몇 가지 확산 부호 발생 예를 보였다. 또한 예로 든 방법들이 BER 성능에서도 QPSK 확산 부호 방식과 큰 차이가 없음을 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] "The cdma2000 ITU-R RTT Candidate Submission," TR45.5/98.04.03.03

[2] "Analysis of Hybrid PSK Spreading Method For Peak-to-Average Reduction of the 3G Reverse Link," TR45.5.4/98.2.17.22

[3] "Peak-to-Average Power Reduction Method for the 3G Reverse Link," TR45.5.4 /98.01.26.08

[4] "Comparison of Hybrid PSK and TTA OCQPSK," TR45.5.4/98.05.11

[5] B.Skalar, "Digital Communications-Fundamentals and Applications," *Prentice-Hall.* 1988

[6] G.David Forney, JR., Robert G. Gallager, Gordon R. Lang. Fred M. Longstaff, and Shahid U. Qureshi, "Efficient Modulation for Band-Limited Channels," *IEEE Journal of Selected Areas in Comm.* Vol. Sac-2, No5, September 1984

[7] "Performance of Hybrid PSK FDD Uplink Modulation," Tdoc SMG2 UMTS-L1 129/98

[8] "Proposed Text for FDD Uplink Spreading and Modulation," Tdoc SMG2 UMTS-L1

www.dbpia.co.kr

[9] "Comments on ACP simulation of NOKIA and BER result with OCQPSK," Tdoc SMG2 UMTS-L1 211/98

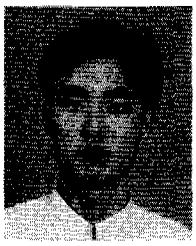
[10] "IS-95C revision on Reverse Link Modulation and Spreading," TR45.5.3.1/98.08.18.21

[11] Stefan H Muller, Robert W. Bauml, Robert F.H. Fischer, and Johannes B. Huber "OFDM with Reduced Peak-to-Average Power Ratio by Multiple Signal Representation," *Annals of Telecommuncations*, vo.52, no.1-2, pp.58-67 February 1997

[12] Stefan H Muller and Johannes B. Huber "A Novel Peak Power Reduction Scheme for OFDM," *Proc. of PIMRC*, pp.1090-1094, Sept 1997

[13] F. Ling, "Pilot Assisted Coherent DS-CDMA reverse-link communications with optimal robust channel estimation," *Proc. ICASSP*, pp I-263-266, 1997

우 정 효(Jung-Hyo Woo) 정회원

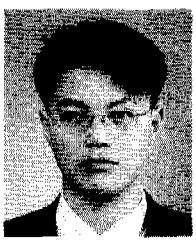


1998년 2월 : 부산대학교 전자공학과 공학사

1998년 3월~현재 : 부산대학교 전자공학과 석사과정

<주관심 분야> CDMA System Engineering 디지털 모뎀 설계

이 채 관(Chae-Kwan Lee) 정회원



1996년 2월 : 부산대학교 전자공학과 공학사

1998년 2월 : 부산대학교 전자공학과 공학석사

1998년 3월~현재 : 부산대학교 전자공학과 박사과정

<주관심 분야> 디지털 모뎀 설계, OFDM 시스템, U-ADSL 시스템

안 재 민(Jae-Min Ahn) 정회원

1987년 2월 : 서울대학교 전자공학과 공학사

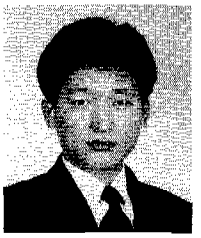
1989년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학석사

1994년 8월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학박사

1994년 8월~현재 : 삼성전자 IMT-2000시스템개발 그룹 통신연구소 선임연구원

<주관심 분야> CDMA Modem 알고리듬 CDMA System Engineering

윤 순 영(Soon-Young Yoon) 정회원



1988년 2월 : 서울대학교 전자공학과 공학사

1990년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학석사

1995년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학박사

1995년 2월~현재 : 삼성전자 IMT-2000시스템개발 그룹 통신연구소 선임연구원

<주관심 분야> CDMA Modem 알고리듬 CDMA System Engineering

김 제 우(Je-Woo Kim) 정회원

1983년 2월 : 서울대학교 전자 공학과 공학사

1985년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학석사

1990년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학박사

1990년 3월~1993년 2월 : 삼성전자 통신연구소 선임연구원

1993년 3월~1995년 2월 : 수원대학교 정보통신 공학과 전임강사

1995년 3월~1997년 2월 : 수원대학교 정보통신 공학과 조교수

1997년 3월~1999년 3월 : 부산대학교 전자공학과 조교수

1999년 4월~현재 : 부산대학교 전자공학과 부교수

1993년 3월~현재 : 삼성전자 정보통신부문 방산 개발실 자문위원

<주관심 분야> 대역확산통신, 디지털 통신, 이동 통신시스템, 디지탈 모뎀설계, 디지탈 신호처리, phased array신호처리 등

www.dbpia.co.kr