

# IS-95 시스템 역방향 채널에서의 효율적인 성능평가 기법

준회원 전 재춘\*, 고 윤진\*\*, 정 미선\*\*\*, 정회원 황인관\*

## Efficient Performance Evaluation Method for IS-95 System

Jae-Choon Jeon\*, Yun-Jin Ko\*\*, Mi-Sun Jeong\*\*\*, In-Kwan Hawang\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문에서는 백색잡음과 페이딩환경에서 IS-95 시스템 역방향의 성능을 평가하는데 있어 컴퓨터 수행시간을 개선할 수 있는 획기적인 방법을 제안하고 제안된 방법의 효율성은 샘플수의 형태로 입증된다. 현재 통신 시스템의 성능분석에 가장 많이 사용되는 MC(Monte Carlo) 시뮬레이션 기법은 낮은 에러율에서 많은 시뮬레이션 수행시간을 요구한다. 때문에 MC 방법은 컴퓨터 수행속도의 한계를 피할 수 없게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 제안된 방식인 센트랄 모멘트 기법을 IS-95 시스템 역방향에 적용하여 MC 방법에서 요구되는 데이터 샘플수보다 적은 수신신호의 N차 센트랄 모멘트로부터 이산 확률밀집함수를 얻을 수 있다. 연속된 누적확률분포 함수는 보간법을 통해 정확하게 되고 샘플수에서의 개선 효과가 입증된다.

### ABSTRACT

In this paper, in order to evaluate the performance of IS-95 system reverse link in white gaussian noise and rayleigh fading environment, we suggest epochal proposal to improve computer run-time and its efficiency is verified in terms of the number of samples. MC(Monte Carlo) simulation is the most popular simulation technique lately, but MC simulation requires a number of samples at low bit error rate. Therefore, MC cannot avoid the limit of computer run-time. To alleviate these problems, we apply the suggested method called central moment technique to the reverse link of the IS-95 system and can obtain discrete probability mass functions from Nth order central moments of the less number of received signal samples than those required in MC. Continuous cumulative probability distribution function can be accurately estimated by using interpolation and the improvement effect for the number of samples is proven.

### I. 서 론

멀티미디어 서비스를 위한 통신 시스템은 복잡하고 고속의 데이터 전송을 필요로 하게 된다. 현재의 통신 시스템은 음성전송이 대부분인 IS-95에서 향상된 멀티미디어 서비스를 위한 IMT2000으로 발전하고 있다.

때문에 전송 비트율의 증가로 잡음환경이 날로 복잡해지면서 통신 채널의 설계는 해석적인 접근이

라기보다는 컴퓨터 시뮬레이션에 의존하게 되어 컴퓨터에 대한 의존은 날로 높아져 가고 있다. 일반적으로 사용되고 있는 상용 시뮬레이터는 해석적인 접근방식의 한계를 극복하고 사용자에게 편의 및 응용성을 제공하기 위하여 기본적으로 MC(Monte Carlo) 방식을 채용하고 있다. 그러나 상용 시뮬레이터는 MC 방식의 특성상 컴퓨터 수행시간의 한계를 갖게되어 실질적인 통신시스템의 설계에 활용되지 못하고 있는 실정에 있다.

'70년대 중반이후 컴퓨터 수행시간의 한계는 21

\* 충북대학교 전파공학과 위성통신시스템 연구실 (jcjeon@trut.chungbuk.ac.kr)

\*\* (주) 안세기술 정보통신 기술연구소 (yjko@ansetech.co.kr)

\*\*\* (주) 에이로직스 연구원 (msjeong@alogics.co.kr)

논문번호 : 010237-0904, 접수일자 : 2001년 9월 3일

세기 통신 기술 발전의 장애로 인식되기 시작하여 현재에 이르기까지, 경쟁력을 갖는 통신 시스템 개발의 관건이 될 수 있는 컴퓨터의 수행시간을 단축하기 위한 연구노력들이 국제적으로 매우 활발하게 진행되어 왔다. 그 결과로 IEEE Transactions on Communication 등에 주로 IS(Important Sampling) 기법에 기초한 수많은 논문들이 발표되고 있으며 1984년, 1988년, 1993년, 1997년도에도 Journal on Selected Areas in Communications에 특집으로 논문들이 발표되었지만<sup>3)~6)</sup>, 근본적인 문제점들은 해결되지 않았다. 그러나 1998년도에 들어 컴퓨터 수행시간의 한계는 센트럴 모멘트 기법(CMT)이라는 새로운 접근방식의 시뮬레이션에 의해 극복하였다. 그리고 제안방식을 이용하여 QPSK 위성채널과 CDMA 통신 시스템에 성능평가를 함으로써 제안방식의 효율성을 입증하였다<sup>1)</sup>.

본 논문에서는 수신신호의 모멘트를 이용하여 이산확률 밀집함수를 도입, 적용하여 적은 수신신호만으로 성능평가를 수행하였다. 기존 CMT에서 BER을 구하는 스플라인 보간법을 IS-95 시스템 역방향에 적용할 수 있도록 변경하였으나 본래의 CMT 알고리즘<sup>1)</sup>은 동일하다. 통신 채널은 백색잡음과 레일리 페이딩을 가정하여 시뮬레이션을 수행하였다. 이러한 성능평가가 가능함을 보여 CMT의 효율성을 입증하고 기존의 IS 기법들의 문제점 해결과 미래의 통신시스템 성능평가에 기여할 수 있음을 제시하고자 한다.

최근 컴퓨터 기술의 급속한 발전으로 인해 기존의 텍스트 위주의 사용자 환경에서 벗어나 이미지, 그래픽, 오디오 및 비디오 데이터 등을 제공하는 멀티미디어 사용자 환경으로 변화하고 있다.

## II. 센트럴 모멘트 기법을 이용하는 채널 성능평가 방법

일반적인 IS 기법은 기본적으로 작은 오류영역에 대하여 관심을 가지고 그 영역 내에서 오류의 발생을 증가시키고 그 효과를 수신단에서 보상하는 방법이다. 그리하여 최적의 biasing parameter를 구해야 하는 번거로움이 발생하게 되고, 채널 연접오류에 대한 모델링이 불가능해지며, 또한 M차의 메모리 시스템에서 수행속도가 급격히 감소하게 되는 문제점을 피할 수 없게 된다. 잡음을 biasing 시키지 않고 수신단에서의 신호와 잡음 수신 상태의 오류영역을 포함한 전체 영역을 그대로 관측하여 확

률적인 특성을 추출할 수 있다면 경계값 이하에서의 오류는 쉽게 구할 수 있게 된다.

이 개념을 확장하여, 수신신호의 샘플로부터 식(1)을 이용하여 n차의 센트럴 모멘트를 측정하고 CMT 알고리즘에 적용하여 이산확률밀집함수를 구하면, 채널 오류율은 간단히 식(2)와 같이 수신신호에 대한 weighting의 합, 즉 Discrete Probability Mass의 합으로 쉽게 구할 수 있게 된다.

$$E\{(y - m_y)^n\} \cong \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (y_i - m_y)^n \quad (1)$$

$$P_e = E\{H(y)\} \cong \sum_{i=1}^M w_i' \quad (2)$$

이산 확률밀집함수를 이용하여 오류율을 구하기 위해서는 기본적으로 충분한 차수의 센트럴 모멘트를 구해야 하며, 고차의 센트럴 모멘트를 정확히 예측하기 위해서는 샘플수의 증가가 요구된다. 즉, 오류영역의 작은 probability mass를 정확히 추측하기 위해서는 그에 상응하는 만큼 충분히 많은 수의 샘플을 취해야 오차 없는 BER 추측이 가능하다는 논리가 성립하게 되며, 이는 제안하고 있는 접근방식이 sample saving factor의 개선 측면에서 모순이 된다는 논리가 되기도 할 것이다. 그러나, 센트럴 모멘트의 특성을 정확히 분석하면 이러한 문제점은 간단히 해결될 수가 있게 된다.

BER을 정확히 하면서 sample saving 효과를 극대화하기 위한 방법으로

- ▶ 이산 PMF(Probability Mass Function)의 weights수의 증가
- ▶ 보간법 및 보외법을 이산 CPD(Cumulative Probability Distribution)에 적용

을 들 수 있다. PMF의 weights수의 증가는 수신신호의 모멘트 차수를 증가 시켜 얻을 수 있고 3차 스플라인 보간법을 이용하여 이산 CPD로부터 연속적인 CPD를 구할 수 있다.

그림 1은 10<sup>5</sup>개의 백색잡음 샘플의 센트럴 모멘트를 측정하고 이를 이용한 이산 CPD 및 연속 CPD를 구하여 이론치와 비교하고 있다. CMT를 이용하여 구한 가중치의 합이 계단 함수로 표현되어 있고, 이산적인 값이 연속적인 CPD로 계산된 결과와 이론적인 값을 보여준다. 단순 BPSK 시스템 모델의 경우 경계값을 '-1'로 환산하여 해석하면, 10<sup>-8</sup>의 BER이 정확히 추측되는 결과를 보여주고 있다. 이는 개략 10<sup>3</sup>배 정도의 수행속도 개선효과를 예시하고 있으며, 또한 이는 10<sup>5</sup>개의 샘플수로서 10<sup>-11</sup>정

도의 BER도 정확하게 추측할 수 있는 즉,  $10^6$ 배의 수행속도 개선 가능성을 제시하고 있다.

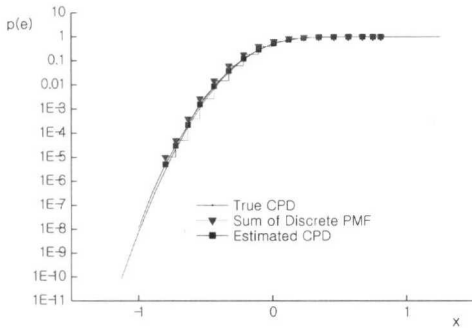


그림 1. 단순 BPSK 시스템에서 백색잡음의 CPD

### III. IS-95 시스템의 역방향 채널 모델

IS-95 시스템 역방향에는 액세스 채널과 트래픽 채널이 있다. 두 개의 채널은 동일한 시스템 구성을 가지고 단지 액세스 채널이 4800bps로 데이터 전송속도가 고정되어있는 반면 트래픽 채널은 데이터의 전송속도에 따라 프레임 단위로 가변적으로 변하는 차이가 있다. 때문에 트래픽 채널을 이용하여 시스템을 구성한다. 트래픽 채널은 실제 정보가 전송되는 채널로 프레임 길이는 20ms이고 데이터를 6비트씩 64개의 Walsh 코드로 변조하여 전송하는 64-ary 변조방식을 사용한다.

그림 2는 IS-95 시스템 역방향 트래픽 채널의 송신단을 보여주는 블록이다. 데이터 버스트 랜더마이

저(Data Burst Randomizer)를 통과한 후 긴(long) 코드에 의해 확산된 신호를  $m(t)$ 라고 하고, I채널과 Q채널의 PN 신호를 각각  $C_I(t)$ ,  $C_Q(t)$  라고 하면, I채널과 Q채널의 신호는 식(3), (4)로 쓸 수 있다.

$$I(t) = m(t)C_I(t) \tag{3}$$

$$Q(t) = m(t)C_Q(t) \quad , \quad 0 < t < T_c \tag{4}$$

지연된 신호가 필터를 통과한 후 전송되는 신호는 식(5)와 같다.

$$s(t) = A[I(t)\cos(\omega_0 t) + Q(t - \frac{1}{2} T_c)\sin(\omega_0 t)] \tag{5}$$

송신단으로부터 전송된 신호는 그림 3의 IS-95 시스템 역방향의 수신단에서 수신된다. CDMA의 특성상 같은 신호를 다시 곱하게 되면 원래의 신호로 복원이 되는 점을 이용하여 수신 신호에 곱하게 된다. 또 역방향의 경우는 비동기식이므로 위상 차를 알 수 없다. 이러한 위상 차를 제거하기 위해 수신된 신호는 cosine과 sine신호로 구성되므로 제공하여 더하는 과정을 취한다.

수신 신호에  $\tau$ 만큼의 지연이 추가되면 수신된 신호는 식(6)과 같다.

$$r(t) = A[I((t - \tau))\cos(\omega_0(t - \tau)) + Q(t - \frac{1}{2} T_c - \tau)\sin(\omega_0(t - \tau))] \tag{6}$$

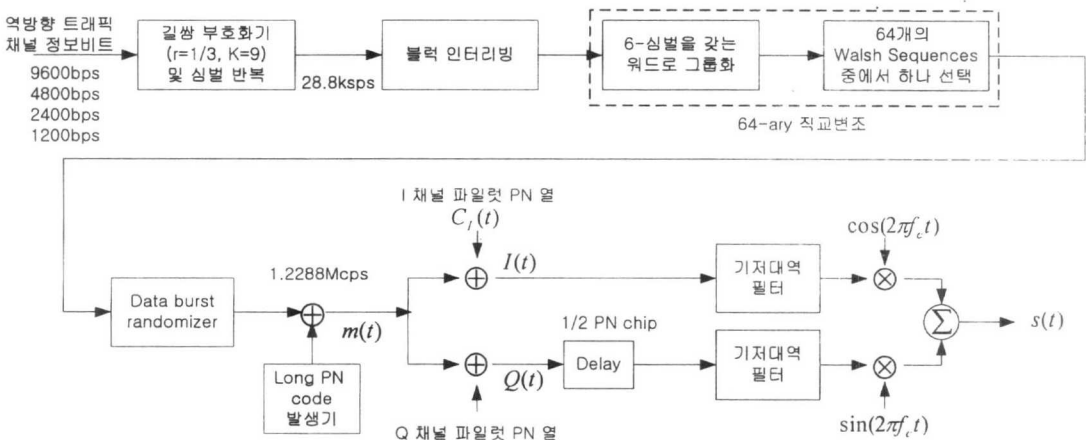


그림 2. IS-95 시스템 역방향 송신단



수신된 신호는 반송주파수에 의해 복원되고 필터, 짧은(short) 코드와 긴(long) 코드를 똑 같이 통과하면 네 개의 식(7), (8), (9), (10)으로 된다.

$$d_{II} = \frac{1}{\sqrt{2}} AW(t) \cos \theta \quad (7)$$

$$d_{IQ} = \frac{1}{\sqrt{2}} AW(t - \frac{1}{2} T_c) \sin \theta \quad (8)$$

$$d_{QI} = -\frac{1}{\sqrt{2}} AW(t) \sin \theta \quad (9)$$

$$d_{QQ} = \frac{1}{\sqrt{2}} AW(t - \frac{1}{2} T_c) \cos \theta \quad (10)$$

만일 잡음이 섞이지 않고 데이터가 해당되는 Walsh 코드로 보내졌다면 식(11)과 같다.

$$\begin{aligned} Z &= (d_{II} + d_{QQ})^2 + (d_{IQ} - d_{QI})^2 \\ &= 2A^2 T_w^2 (\cos^2 \theta^2 + \sin^2 \theta^2) \\ &= 2A^2 T_w^2 \end{aligned} \quad (11)$$

그렇지 않고 다른 Walsh 코드로는 보내지지 않았다면 그 값이 zero(영)가 되어야 한다.

각각의 Walsh 함수를 통과한 후 제곱을 취해 I 채널에서는 더하고 Q 채널에서는 빼주어 서로 더하면 모두 64개의 값이 나온다. 그 중 가장 큰 값을 선택하면 데이터가 된다. 얻어진 데이터는 64개로 이루어진 Walsh 코드가 되는데 이를 6비트의 데이터로 바꾼 후 인터리빙, 심벌 반복, 길쌈부호화기, 등의 역 과정을 수행하면 원래의 데이터가 복원된다. 채널을 백색잡음이라고 가정하고, Walsh correla-

tion 블록을 거친 후의 q번째 Walsh 신호를 데이터로 받았다고 하면 cosine 성분  $Z_{cq}$ 와 sine 성분  $Z_{sq}$ 로 표기할 수 있다.

$$Z_{cq} = \begin{cases} G(\sqrt{2}AT_w \cos \theta, N_0 T_w), & q = n \\ G(0, N_0), & q \neq n \end{cases} \quad (12)$$

$$Z_{sq} = \begin{cases} G(\sqrt{2}AT_w \sin \theta, N_0 T_w), & q = n \\ G(0, N_0), & q \neq n \end{cases} \quad (13)$$

위상 차를 없애기 위해 각각 제곱하여 더하면 식(14)와 같이 카이 제곱 분포(Chi Squared Distribution)로 표현된다.

$$R_q^2 = Z_{cq}^2 + Z_{sq}^2 = \begin{cases} \sigma^2 \chi^2(2; \lambda), & q = n \\ \sigma^2 \chi^2(2), & q \neq n \end{cases} \quad (14)$$

여기서, 분산  $\sigma^2 = N_0 T_w$  이고 noncentrality 파라미터  $\lambda \equiv \frac{2E_w}{N_0}$  으로 정의한다.

64개의 Walsh 코드 중 첫 번째 Walsh 코드가 보내졌다고 가정하면 다음과 같은 두 개의 분포를 얻을 수 있다.

$$p_{z1}(\alpha, \lambda) = \begin{cases} \frac{1}{2} e^{-(\alpha+\lambda)/2} I_0(\sqrt{\alpha\lambda}), & \alpha \geq 0 \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (15)$$

$$p_{zq}(\alpha, \lambda) = \begin{cases} \frac{1}{2} e^{-\alpha/2}, & \alpha \geq 0 \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad q=2, 3, \dots, M \quad (16)$$

여기서,  $\alpha$  는 수신단의 끝에서 얻어질 수 있는 값들이다.

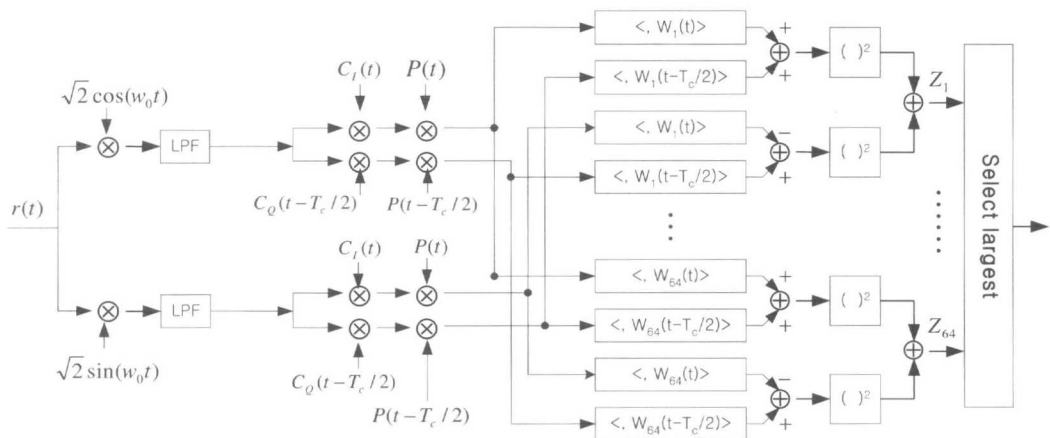


그림 3. IS-95 시스템 역방향 수신단

에러 율을 구하기 위해 먼저 올바르게 판별할 확률을 구한다. 첫 번째 Walsh 코드에 대해 올바르게 얻어진  $Z_1$ 의 값을  $\beta$  라 하면 나머지  $Z_q$ 값은  $\beta$  보다 모두 작아야 한다. 이러한 관계를 식(17)에 보여주고 있다.

$$\begin{aligned} P_w(C | m_1, Z_1 = \beta) &= \Pr\{Z_2 < \beta, Z_3 < \beta, \dots, Z_M < \beta | Z_1 = \beta\} \\ &= \prod_{q=2}^M \Pr\{Z_q < \beta | Z_1 = \beta\} = (1 - e^{-\beta/2})^{M-1} \quad (17) \end{aligned}$$

$Z_1$ 은 임의의 값  $\beta$  를 가지게 되므로  $Z_1$ 에 대해서 평균을 취하면 에러 율은 식(18)과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} P_w(e) &= 1 - E_{Z_1}\{(1 - e^{-\beta/2})^{M-1}\} \\ &= \sum_{i=1}^{M-1} \binom{M-1}{i} (-1)^{i+1} \cdot E_{Z_1}\{e^{-i\beta/2}\} \quad (18) \end{aligned}$$

여기서,  $E_{Z_1}\{e^{-i\beta/2}\} = \frac{1}{1+i} e^{-\frac{\lambda}{2}(\frac{i}{i+1})}$ 이므로 에러 율은 결국 식(19)와 같다.

$$\begin{aligned} P_w(e) &= \sum_{i=1}^{M-1} \binom{M-1}{i} \frac{(-1)^{i+1}}{1+i} \cdot \exp\left\{-\frac{i}{i+1} \frac{\lambda}{2}\right\} \\ &= \sum_{i=1}^{M-1} \binom{M-1}{i} \frac{(-1)^{i+1}}{1+i} \cdot \exp\left\{-\frac{i}{i+1} \frac{E_w}{N_0}\right\} \quad (19) \end{aligned}$$

페이딩 채널일 경우, IS-95 역방향에서 레일리 감쇄 요소(Rayleigh attenuation factor)를 가질 때 조건부 에러 확률(Conditional word error probability)은 식(20)과 같다.

$$\begin{aligned} P_w(e|a) &= \sum_{i=1}^{M-1} \binom{M-1}{i} \frac{(-1)^{i+1}}{1+i} \cdot \exp\left\{-\frac{i}{i+1} \frac{\alpha^2 E_w}{N_0}\right\} \quad (20) \end{aligned}$$

식(20)을 보면 앞에서 살펴보았던 백색음 채널에서의 워드 에러에 대한 식과 거의 같음을 볼 수 있다. 단지 레일리 감쇄 요소가 식에 포함된 것만 다를 뿐이다.  $\alpha$  에 대해서 평균을 취하면 레일리 페

이딩에 대한 워드 에러 율을 구할 수 있다.

$$P_w(e) = \sum_{i=1}^{M-1} \binom{M-1}{i} \frac{(-1)^{i+1}}{1+i} \cdot \exp\left\{-\frac{i}{i+1} \frac{\alpha^2 E_w}{N_0}\right\} \quad (21)$$

$$\int_0^\infty \exp\left\{-\frac{i}{i+1} \frac{\alpha^2 E_w}{N_0}\right\} \frac{2\alpha}{b} e^{-\frac{\alpha^2}{b}} d\alpha \quad (22)$$

$$P_w(e) = \sum_{i=1}^{M-1} \binom{M-1}{i} \frac{(-1)^{i+1}}{1+i+i \cdot \frac{E_w}{N_0}} \quad (23)$$

식(23)이 레일리 페이딩에서의 워드 에러 율이다.

#### IV. 시뮬레이션 방법

CMT에서 시뮬레이션은 앞에서 살펴본 수식에서 사용한 방법을 따른다. 우선 수신 신호는 식(15), (16)과 같이 두 개의 분포, central 카이제곱(chi squared)분포와 noncentral 카이제곱분포를 갖는다. 그림 4는 두 분포를 나타내는 것인데 central 카이제곱분포는  $E_w/N_0$ 에 대해 변하지 않지만, noncentral 카이제곱분포는 평균이 이동되면서 변화하고 있음을 볼 수 있다.

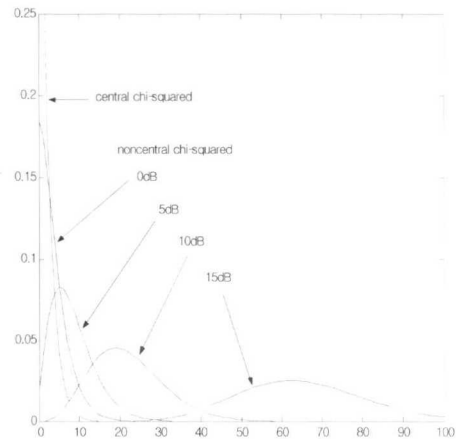


그림 4.  $E_w/N_0$ 에 따른 카이제곱 분포

이러한 두 분포 중에서 central 카이제곱분포는 CMT 알고리즘을 이용하여 구하고 noncentral 카이제곱분포를 따르는 데이터에 대해 central 카이제곱분포의 CPD 값의 평균을 구하여 에러 율을 계산한다. 평균을 구하는 방법은 식(17), (18)을 이용한다. noncentral 카이제곱분포를 갖는 임의의 수  $\beta$ 에 대

해서 올바르게 판별할 확률을 구한다. 64개의  $Z_i$  값 중 하나가  $\beta$ 를 가지면 나머지 63개가 그 보다 작은 값을 가질 확률을 구한다. 즉, central 카이제곱분포의 CPD 곡선상의 값을 구한다. 이 과정을 원하는 데이터 수만큼 반복하여 평균을 구하고 평균을 취해 얻어진 값을 1에서 빼면 에러율이 된다.

하나의 프레임의 시뮬레이션 할 때 비트수는 576개의 비트가 되고 6비트씩의 워드 단위로 보내므로 모두 96개의 워드를 전송하게 된다. 따라서 한 프레임당 96개의 워드 데이터가 만들어진다. noncentral 카이제곱분포를 따르는 데이터는 63개중 하나의 walsh 코드에 대해서만 생성되므로 한 프레임당 96개의 워드가 얻어지고 central 카이제곱분포는 63개의 walsh코드에 의해 생성되므로 한 프레임당 6048개의 데이터가 얻어진다. 이러한 결과는 CMT를 수행하는데 있어 충분한 데이터 수를 제공하게 해준다. 때문에 IS-95 시스템 역방향에 적용된 CMT에 필요한 데이터 수는 noncentral 카이제곱분포를 따르는 데이터를 얻는 과정에서 샘플수가 결정된다.

V. 시뮬레이션 결과

그림 5는 CMT가 적용된 IS-95 시스템 역방향의 시뮬레이션 결과를 보여준다. 성능 평가 시 다루고자 하는 부분이 워드(Word)단위이므로 그 표현을  $P_w(e)$ 로 달리 하였고 CMT 기법을 사용하는데 있어 차수는 33차를 이용하였다.

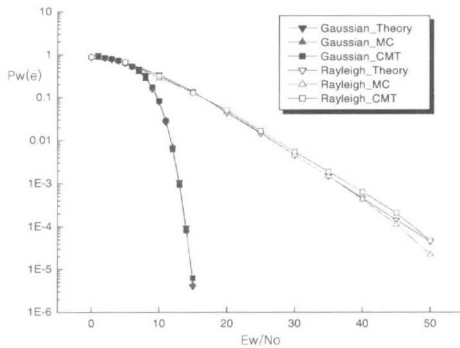


그림 5. IS-95 역방향 워드 에러율

표 1과 2는 시뮬레이션을 수행한 워드 단위의 개수를 표기하였다. MC 기법의 데이터 수는 백색잡음과 페이딩 채널에 대해 각각 100/Pe과 1000/Pe 만큼 수행하였다. central 카이제곱분포를 얻기 위해

표 1. MC와 CMT 샘플 수 비교(백색잡음 채널)

$E_w/N_0$ (dB)	오류율		샘플수(워드)	
	MC	CMT	MC	CMT
1	0.872	0.884	1E3	288
2	0.832	0.846	1E3	288
3	0.780	0.795	1E3	288
4	0.711	0.728	1E3	288
5	0.623	0.642	1E3	288
6	0.515	0.534	1E3	288
7	0.393	0.412	1E3	288
8	0.271	0.288	1E3	288
9	0.161	0.179	1E3	288
10	7.90E-2	7.54E-2	1E4	960
11	2.91E-2	2.67E-2	1E4	4800
12	7.14E-3	6.49E-3	1E5	9600
13	1.00E-4	1.16E-4	1E5	19200
14	8.64E-5	8.97E-5	1E7	96000

표 2. MC와 CMT 샘플 수 비교(페이딩 채널)

$E_w/N_0$ (dB)	오류율		샘플수(워드)	
	MC	CMT	MC	CMT
0	0.886	0.881	960	960
5	0.667	0.670	960	960
10	0.279	0.314	1920	960
15	0.133	0.126	9600	960
20	5.23E-2	5.88E-2	5E4	9600
25	1.50E-2	1.80E-2	1E5	1.92E4
30	4.57E-3	5.98E-3	5E5	4.80E4
35	1.48E-3	1.94E-3	1E6	7.68E4
40	4.32E-4	6.49E-4	1E6	7.68E4
45	1.13E-4	2.09E-4	1E7	9.60E4
50	2.25E-5	4.78E-5	1E7	9.60E4

서 모든 에러율에 대해 12096개의 워드 데이터를 이용하였다. 이 값은 1개의 프레임에 대해 6048개의 워드 데이터가 나오므로 데이터 수는 noncentral 카이제곱분포에 대해서만 고려한다. 그러나 noncentral 카이제곱분포에 대한 데이터의 수도 최대  $10^5$ 개를 넘지 않는다. 따라서 낮은 에러율( $10^{-6}$ )에서는 데이터의 수가 현저히 차이가 남을 볼 수 있다. 낮은 에러율에서 백색잡음과 페이딩 채널모두 그 차이가  $10^3$ 배 정도의 수행속도 개선을 얻을 수 있다.

VI. 신뢰구간

IS-95 시스템 역방향의 CMT 성능평가에 대한 신뢰도를 알아보기 위해서, 적용된 CMT의 신뢰구간을 구했다. 데이터는 잡음의 시드(seed)값을 변경

하여 100개의 워드에러샘플을 얻었고  $E_w/N_0$ 를 12dB로 고정시켜 신뢰구간을 구했다.

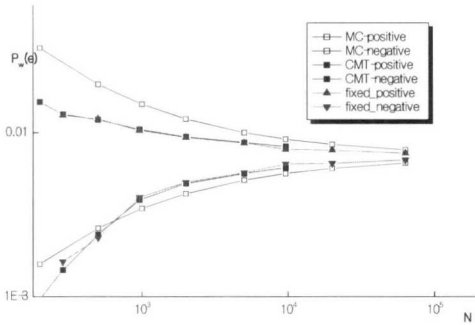


그림 6. IS-95 시스템 역방향의 신뢰구간

그림 6은 CMT를 이용하여 구한 워드에러 값에 대한 표준편차의 정수 배인  $2\sigma$ (신뢰도:95.4%)의 신뢰구간을 보여주며 CMT가 MC 보다 빠르게 수렴하는 것으로 나타났다. 따라서 성능평가를 하는데 있어서 MC보다 적은 샘플로도 믿을만한 신뢰구간을 가질 수 있으므로 샘플 수에 대해 효율적이다.

그림 6에서 그래프는 각 쌍으로 3개가 그려졌는데, 이 중 'fixed'라는 범례의 의미는 central 카이제곱 분포의 CPD를 구할 때의 데이터 수를 고정시킨 것을 의미한다. 이것은 central 카이제곱 분포를 구하기 위한 데이터 수가 커지므로 데이터의 백업 및 신뢰구간을 그리기 위한 CMT프로그램의 과도한 시간 지연 때문에 택한 방법이다. 그러나 그래프에서 'CMT'와 'fixed'는 거의 같은 곡선을 그리고 있으므로 CMT에 대한 신뢰구간을 같이 볼 수 있다.

## VII. 결론

CMT 기법을 이용하여 IS-95 시스템 역방향에 대한 이론 및 기존의 시뮬레이션 방법인 MC 기법과 동일한 성능평가가 이루어짐을 볼 수 있었다. 또한 샘플 수를 비교해 볼 때 센트랄 모멘트 기법의 성능평가 이용이 효율적임을 알 수 있었다.

표 1, 2에 나타난 데이터 수는 MC기법으로도 쉽게 시뮬레이션이 가능하리라 생각할 만큼 적은 숫자이다. 그러나 워드 단위로 시뮬레이션을 수행했기 때문에 실제 비트 단위로 한다면 더 많은 시간이 소요된다는 것을 알 수 있다. 또, IS-95 시스템의 처리이득까지 고려를 한다면 시뮬레이션 수행 시간

은 더욱 길어질 수밖에 없으리라는 것은 당연한 것이다. 더욱이 앞으로의 통신은 멀티미디어 서비스가 주류가 되는 속도와 처리량에서 현재의 시스템보다 더욱 복잡한 시스템이 될 것이다. 따라서 시뮬레이션의 수행속도의 한계는 피할 수 없게 된다. 이에 본 논문에서 제시한 CMT 기법의 적용은 미래 통신 시스템에 대해 보다 효율적인 성능평가를 할 수 있도록 그 가능성을 제시한데 의의가 크고 앞으로의 복잡한 시스템 설계를 가능하게 할 수 있을 것으로 기대된다.

## 참 고 문 헌

- [1] J. M. Kim, C.B. Jung, H.W. Park, and I.K. Hwang, "Efficient Performance Evaluation Technique for Digital Satellite Communication Channels", *IEEE VTC 50th Vehicular Technology Conference*, vol 5, pp. 2740-2743, September 1999.
- [2] JHong Sam Lee, Leonard E. Miller, "CDMA Systems Engineering Handbook", Artech House Publishers 1998.
- [3] P. J. Smith, M. Shafi, and H. Gao, "Quick Simulation: A Review of Importance Sampling Techniques in Communication Systems", "On Importance Sampling in Digital Communications: Part I: Fundamentals,," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol.15, no.4, pp. 597-613, May 1997.
- [4] Dingqing Lu and Kung Yao, "Improved Importance Sampling Technique for Efficient Simulation of Digital Communication Systems", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol.6, no.1, pp. 67-75, January 1988.
- [5] Michel C. Jeruchim, "Techniques for Estimating the Bit Error Rate in the Simulation of Digital Communication Systems", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. SAC-2, no.1, pp. 153-170, January 1984.
- [6] Nevio Benvenuto, Antonio Salloum, and Luciano Tomba, "Performance of digital radio links based on semi-analytic method", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 15, no. 4, pp. 667-676, May 1997



