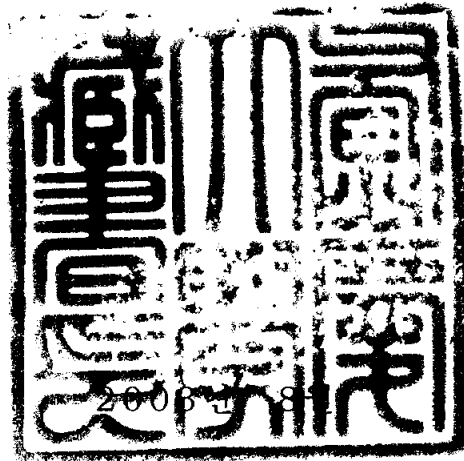


공학석사 학위논문

PCS/CDMA 디지털 셀룰러 시스템에서
QCELP Vocoder를 이용한 성능 분석

지도교수 정 연 호

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함



부경대학교 산업대학원

정보통신공학과

하 동 준

이 논문을 하동준의 공학석사
학위논문으로 인준함

2003년 6월 21일

주 심 공 학 박 사 윤 종 락



위 원 공 학 박 사 김 성 운



위 원 공 학 박 사 정 연 호



목 차

I. 서론	2
II. PCS/CDMA 디지털 셀룰러 시스템	4
2.1 개요	4
2.2 용량	4
2.3 전력 제어	8
2.3.1 전력 제어의 필요성	8
2.3.2 역방향 링크	11
2.3.2.1 액세스 탐색	11
2.3.2.2 개방 루프	13
2.3.2.3 페루프	14
III. IS-96A Vocoder	20
3.1 개요	20
3.2 CELP	20
3.3 IS-96A QCELP Vocoder	21
IV. SPW를 이용한 Simulation	23
4.1 Simulation 환경	23
4.2 PCS/CDMA Reverse Link System	23
4.2.1 NPSD가 -100dB 일 때	24

4.2.2 NPSD가 -20dB 일 때	25
4.3 PCS/CDMA System에서 QCELP Vocoder를 이용한 성능분석 ..	26
V. 결론	29
참고 문헌	30

The Performance Analysis of using QCELP Vocoder System
in PCS/CDMA Digital Cellular

Dong-Jun Ha

Department of Telecommunication Engineering, Graduate School
Pukyong National University

Abstract

CDMA system is operated on the basis of spread spectrum techniques which utilize the codes that have less correlations among the subscribers to each user's channel under the same frequency band. This system works only when the receiver makes use of the identical signal used by the transmitting station to recover the transmitted signal. The reverse link PCS/CDMA System is composed of source, channel coding, transmitter, frequency selection fading channel and receiver. Baseband information is protected by convolution encoder whose rate is 1/3 and symbol repetition is performed to obtain 28.8Kbps. After symbol repetition an interleaving process is undertaken. Interleaving data is coded by 64-ray orthogonal modulator. Orthogonal modulated data is spreaded by long PN sequence and I, Q channel are transmitted, mixed with short PN sequences and OQPSK is used to modulate the data. The transmitted data is passed through multipath fading channel and the receiver restores the data employing a reverse operation. This dissertation presents the construction of the reverse link PCS/CDMA system on the Cadence SPW platform and performs the calculation of the bit error rate, The bit error rates thus obtained are applied to the IS-96A QCELP vocoder to analyze the audio signals. Consequently the relationship between the bit error rate and speech quality is analyzed.

I. 서론

무선통신 사업은 지난 수년간 엄청난 변화를 해왔다. 미국에서 개인 휴대통신 허가 경매와 더불어 대부분의 서비스 제공자들은 보다 저렴한 가격으로 동일한 서비스를 제공하는 여러 서비스 제공자들과 경쟁하게 되었다. 동시에 무선통신 가입자들도 증가하였으며, 2003년까지 전 세계의 무선통신 가입자들이 36억에 도달할 것이라는 예상도 있다.

시장의 폭발적 증가는 대단한 경쟁을 의미하며, 동시에 각 서비스 제공자들에게는 우수한 통신 품질과 가격 경쟁력으로 경쟁사들과 차별화하여야 한다는 것을 의미한다. 공학적인 측면에서는 사용자들이 거의 유선전화를 사용하는 것과 같은 품질로 네트워크의 설계 및 유지를 최적화하는 것이 첫 번째 목표이다. 두 번째 목표는 네트워크 자원을 효율적으로 설계하고 유지 및 운영하는 것이다.

무선통신 시장은 1990년대 말부터 급속히 팽창하기 시작했고, 다수의 서비스 공급업체들은 이러한 급속한 팽창을 충분히 만족시키기 위하여 디지털 기술을 연구하기 시작했다. 대역확산 기술은 고의적인 전파방해에 견디고 적의 도청방지를 위해 군용 통신으로 오랜기간 사용되어 왔다. 하지만 최근에 들어 이 대역확산 기술은 군용 통신에서 일반적인 상업용 통신에까지 확산되었고, 상업용 디지털 셀룰러 및 개인통신 시스템의 접속표준으로써 IS-95 CDMA(Code Division Multiple Access) 기술이 등장하기에 이르렀다. 디지털 셀룰러와 개인통신 서비스 공급자들은 상업용 CDMA 시스템을 주요 도심 지역에서 설치하였다. IS-95 CDMA 기술은 전 세계적으로 셀룰러 및 개인통신 서비스 시장에서 사용되고 있으며 서비스 공급자들은 CDMA 시스템을 설치하여, 보다 높은 시스템 용량에 대한 요구를 충족시키고 있다.

이동통신 사용인구의 급격한 팽창과 더불어 도입된 디지털 셀룰러 다중화 방식은 크게 TDMA방식과 CDMA방식으로 서비스를 시작하게 되었다. 켈옥이 제안한 QCELP Vocoder 0.8-8 kbps의 가변 데이터 전송율을 가진점이 13 kbps RPE-LTP의 고정된 데이터 전송율을 사용한 GSM과 8 kbps의 고정 데이터 전

송율을 가진 TDMA의 VCELP와는 다르다고 할 수 있겠다. 현재 켈록사에서는 QCELP Vocoder로 AT&T사에서 제작한 DSP1616을 사용해 켈록사에서 개발한 QCELP알고리즘을 실어 구현하고 있다. QCELP Vocoder는 신호대 잡음 전력비를 더욱 낮출 수 있게 되어 수용 가능한 가입자의 수를 증가시키게 된다. 가입자 용량 측면과 안정된 시스템 측면에서 다양한 의견이 제시되는 가운데 TDMA 시스템이 북미, 유럽, 그리고 일본에서 서비스를 먼저 시작하게 되었다. 곧 이어 Qualcomm사는 1992년에 전력제어 문제로 상용화에 문제점이 제기되던 CDMA 방식의 셀룰러 시스템을 공개적으로 시험함으로써 상용화의 길을 열게 되었다. 그리고 우리나라는 전 세계적으로 가장 먼저 DS-CDMA 셀룰러 시스템을 상용화한 국가가 되었으며, 현재는 전체 국민의 1/4이상이 이 방식의 셀룰러 서비스를 사용하게 되었다.

DS-CDMA 시스템은 가입자 용량 측면과 간섭에 강한 특징을 갖으며, 따라서 셀룰러뿐만 아니라, IMT-2000 시스템에도 다중화 방식으로 채택되었다. 그리고 IMT-2000 시스템에서는 DS-CDMA 방식의 전제 조건인 전력제어를 더욱 보완하도록 규격을 정하고 있다. 또한 최근에는 다양한 전파 환경 및 계층 셀 구조에서 효율적이고 지속적인 서비스를 유지할 수 있도록 많은 연구들이 진행되고 있는 상황이다.

II. PCS/CDMA 디지털 셀룰러 시스템

2.1 개 요

CDMA는 여러 명의 사용자가 DS-SS(Direct sequence-spread spectrum) 기술을 이용하여 무선자원을 할당받는 구조를 갖고 있다. 비록 모든 사용자가 동일한 무선 주파수를 사용한다고 하더라도 각 사용자는 직교 코드에 의하여 구별된다. 북미의 CDMA 표준규격인 IS-95에서는 각 사용자가 음성부호화기의 출력속도인 9.6 kbps(속도 집합1)의 기저대역 정보를 발생시킨다. 최종 확산신호의 속도는 1.2288 Mcps이며 결국 송신 대역폭이 약 1.25 MHz가 된다.

동일한 무선 주파수에 1.25 MHz대역폭을 갖는 많은 신호들이 존재할 수 있다. 개략적으로 말하자면, CDMA 시스템의 성능은 간섭에 의하여 영향을 받는다. 즉, 시스템의 용량과 성능은 동일한 대역 내에 존재하는 간섭 양에 의하여 결정된다. 시스템의 용량은 동시에 사용할 수 있는 사용자의 총 수를 의미하며, 시스템 성능은 특정 사용자에게 할당된 무선 링크가 수신할 수 있는 조건이 된다는 것을 의미한다. 여기서 수신할 수 있는 링크의 조건이 된다는 것은 비트 오류율(BER)과 직접 관련이 있다.

2.2 용 량

최근까지 여러 문헌에서 언급한 CDMA의 용량에 관한 모델들은 많지만, 여기서는 동일한 대역 내에서 간섭을 일으키는 사용자수로서 CDMA 시스템의 용량을 설명한다. CDMA셀의 실제용량은 수신기의 복조방식, 전력제어의 정밀도, 동일 셀 및 인접 셀 내의 타 사용자에게 의해서 발생하는 간섭전력과 같은 여러 요소에 의하여 결정된다.

디지털 통신에서는 가장 관심이 있는 값이 E_b/N_o 즉, 비트 당 에너지 대 잡음 전력의 비이다. 각종의 디지털 변조방식의 성능을 E_b/N_o 를 함수로 하는 비트오율로 나타내었다. 이 값은 비트 당 에너지가 각 비트에 할당되는 평균 신호 전력과 동일하다는 것을 이용하여 신호 대 잡음비(SNR)와 연관시킬 수 있다. 즉,

$$E_b = ST \quad (2.1)$$

여기서, S 는 평균 신호전력이고, T 는 각 비트의 주기이다. 식(2.1)은 에너지는 전력에 시간을 곱한 것과 동일하다는 것을 의미한다. 식(2.1)에 주기 T 의 역수인 비트속도 R 을 대입하면,

$$E_b = \frac{S}{R}$$

그러므로 E_b/N_o 는

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{S}{RN_o} \quad (2.2)$$

이식에서는 잡음 전력밀도 N_o 는 전체 잡음 전력 N 을 대역폭 W 로 나눈 것과 같으므로,

$$N_o = \frac{N}{W} \quad (2.3)$$

식(2.3)을 식(2.2)에 대입하면,

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{SW}{NR} \quad (2.4)$$

식(2.4)는 비트 당 에너지 대 잡음 전력의 비 E_b/N_o 는 두 가지 요소, 즉, 링크의 신호 대 잡음비 S/N 과 전송 대역폭 W 대 비트속도 R 의 비와 관련이 있음을 나타내고 있다. W/R 의 비는 시스템의 처리이득(Processing gain)으로 알려져 있다.

여기서, CDMA는 역방향 링크의 용량에 의하여 주로 제한을 받으므로 역방향 링크에 대하여 고려하자. 역방향 링크란 이동국이 기지국으로 송신하는 링크이다. 먼저 시스템이 완벽한 전력제어가 된다고 가정하면, 이 의미는 모든 사용자로부터의 송신전력이 기지국에 의하여 제어된다는 의미이고, 모든 이동국으로부터의 수신 전력은 동일하게 된다. 이런 가정에 의하여, 한 사용자의 SNR 은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\frac{S}{N} = \frac{1}{M-1} \quad (2.5)$$

여기서, M 은 동일한 주파수를 사용하는 전체 사용자의 수이다. 동일한 대역내의 전체 간섭전력은 각 사용자 전력의 합과 같기 때문이다. 그림 2.1은 식 (2.5)의 의미를 나타내는 그림이다. 식(2.5)에서는 열 잡음 등의 간섭은 무시하였다.

식(2.5)를 식(2.4)에 대입하면,

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{1}{M-1} \frac{W}{R} \quad (2.6)$$

(M-1)에 대하여 정리하면

$$M-1 = \frac{(W/R)}{(E_b/N_o)} \quad (2.7)$$

만일 M이 크다면,

$$M \approx = \frac{(W/R)}{(E_b/N_o)} \quad (2.8)$$

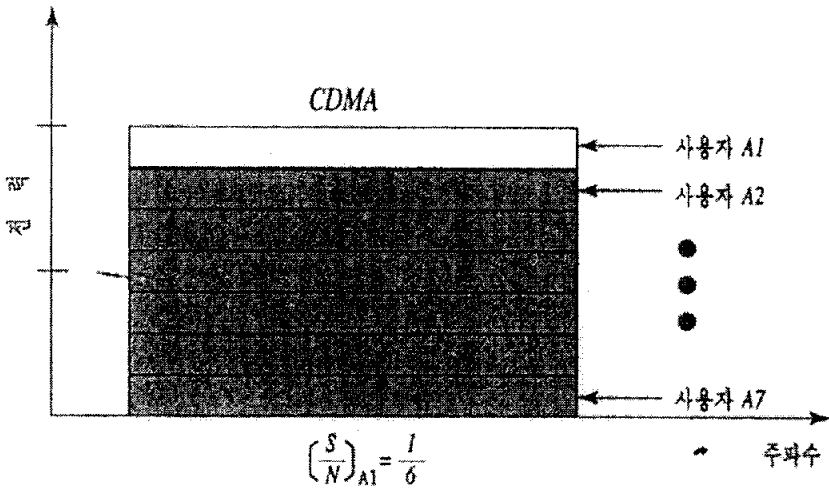


그림 2-1 CDMA에서 동일 대역내의 간섭과 간섭전력 관계

위의 그림은 전체 간섭과 각 사용자의 간섭전력의 합과 같음을 보여주고 있다. 그러므로 만일 7명의 사용자가 동일한 대역 내에 있고, 전력제어에 의하여 각 사용자의 수신 전력이 동일하다면, 타 사용자의 영향을 받아서 SNR은 1/6이 된다.

2.3 전력제어

2.3.1 전력제어의 필요성

전력제어는 CDMA 시스템의 원만한 운영을 위해서 필수 불가결하다. CDMA 시스템의 모든 사용자들은 타 사용자들에게는 불규칙한 잡음과 같이 보이는 PN 코드를 각각 사용할 뿐만 아니라, 동일한 무선 주파수를 사용한다. 그러므로 각 사용자의 전력은 동일한 주파수를 사용하는 타 사용자에게 불필요한 간섭을 주지 않도록 매우 주의하여 조정되어야 한다.

CDMA에서 전력제어의 중요성을 설명하기 위하여, 동일한 셀 내의 2개의 사용자가 있다고 가정하자(그림 2.2) CDMA에서는 역방향 링크가 시스템의 용량을 좌우하므로 역방향 링크에 대해서 고려하자. 사용자 2는 사용자 1보다 기지국에 더욱 가까이 있다. 만일 전력제어를 하지 않는다면, 두 사용자는 각각 고정된 송신전력 P_1 를 송신할 것이다. 그러나 기지국과의 거리가 각각 다르기 때문에 사용자 2로부터 기지국이 수신한 전력 P_2 는 사용자 1로부터 수신한 전력 P_1 보다 훨씬 클 것이다. 떨어진 거리가 달라서 P_2 가 P_1 의 10배가 된다고 가정하면 사용자 1은 매우 불리할 것이다.[1]

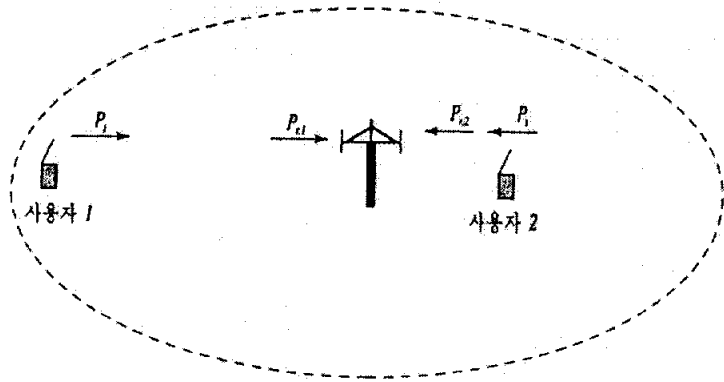


그림 2-2 기지국과 사용자의 전력 관계

만일 필요한 신호 대 잡음비, $(S/N)_{\text{필요}}$ 이 $(1/10)$ 이라면 두 사용자의 SNR 값이 매우 다르다는 것을 직감적으로 알 수 있다. 그림 2.3은 이점을 설명하고 있는데 열잡음을 무시한다면 사용자 2의 신호 대 잡음비 $(S/N)_2$ 는 10이 되고 사용자 1의 신호 대 잡음비는 $(S/N)_1$ 은 $(1/10)$ 이 된다. 사용자 2는 매우 큰 신호 대 잡음비를 가지므로 음성 품질이 매우 좋지만, 사용자 1의 신호 대 잡음비는 간신히 필요로 하는 신호 대 잡음비 $(S/N)_{\text{필요}}$ 를 유지하고 있을 뿐이다. 이러한 현상을 주파수 확산 다중화 방식의 원근문제(near-far problem)라고 한다.[2]

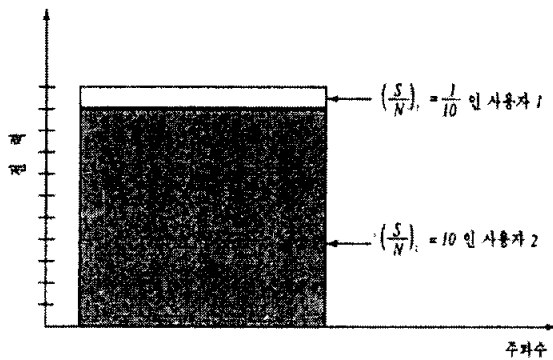


그림 2-3 수신 전력과 신호 대 잡음비

시스템이 다음에 설명하는 상황에 도달할 때 그 시스템의 용량에 도달했다고 말한다. 만일 셀 내에 P_i 의 송신전력을 갖는 새로운 사용자를 첨가한다면, 새로운 사용자의 신호 대 잡음비는 필요로 하는 신호 대 잡음비 $(S/N)_{\text{필요}}$ 에 도달하지 못할 것이다. 더욱이 새로운 사용자를 시스템에 첨가하였을 때 그 새로운 사용자는 필요로 하는 신호 대 잡음비 $(S/N)_{\text{필요}}$ 에 도달하지 못할 뿐만 아니라, 사용자 2의 신호 대 잡음비를 필요로 하는 신호 대 잡음비 이하로 떨어뜨리게 된다.

전력제어는 원근문제를 해결할 뿐만 아니라 용량을 최대화한다. 전력제어는 기지국에서 수신하는 전력이 각 사용자의 송신 위치에 무관하게 동일하도록 만든다. 그림 2.4는 전력제어의 개념을 설명하고 있다. 셀 내에서 기지국이 각 사용자로부터 수신한 전력 P_r 을 동일하도록 각 사용자의 송신전력을 조정한다면 시스템 내에서 더 많은 사용자 통화를 할 수가 있다. 앞에서 언급한 바와 같이 만일 필요로 하는 신호 대 잡음비 $(S/N)_{\text{필요}}$ 이 $(1/10)$ 이면 전체 11명의 사용자가 이 셀 내에서 동시에 통화를 할 수 있다. 전력제어를 함으로서 용량은 최대가 될 수 있다(그림 2.5)[1]

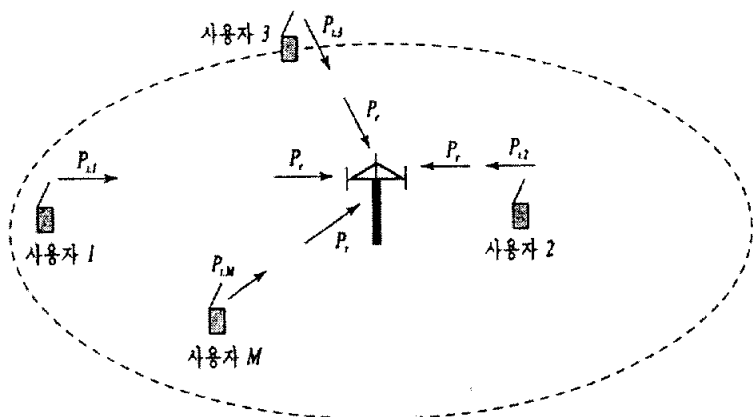


그림 2-4 기지국과 사용자의 전력제어 관계

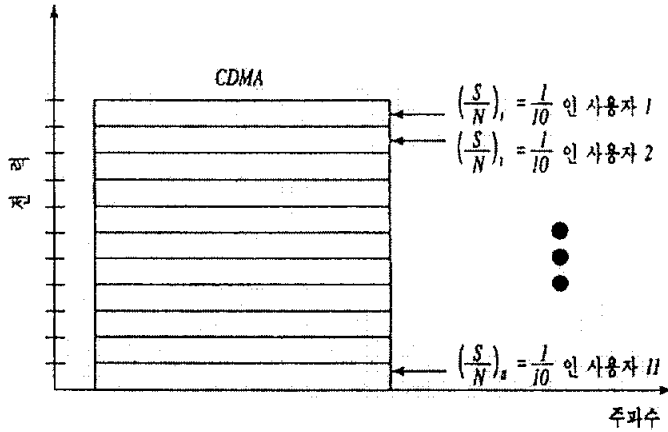


그림 2-5 사용자의 전력과 용량 관계

2.3.2 역방향 링크

2.3.2.1 액세스 탐색(Access probes)

전력제어에서 가장 먼저 해결해야 할 문제는 이동국의 초기 송신전력이다. 이동국이 기지국과 통화로를 설정하기 전에는 기지국으로부터 전력제어를 받지 않는다. 그러므로 이동국이 처음으로 기지국을 액세스할 때 이동국은 초기에 어떤 전력레벨을 송신할까 하는 문제가 생긴다. 이때 기지국은 이동국과 연결이 되지 않았고 또한 이동국의 위치도 파악하고 있지 못하다. 이동국이 초기에 기지국을 액세스 할 때에는 2가지 방법이 있는데, 첫 번째로 이동국이 매우 큰 전력을 기지국으로 송신하는 경우이다. 이동국이 큰 전력으로 송신하면 기지국은 이동국의 액세스를 수신할 확률이 매우 커지게 된다. 그러나 이동국이 송신하는 액세스 초기의 큰 전력은 현재 기지국과 통화하고 있는 다른 사용자에게 간섭을 발생시키게 된다. 두 번째 방법은 이동국이 기지국으로 적은 전력을 송신함으로써 기지국을 액세스 하는 방법이 있다. 적은 전력을 송신하면 기지국이 이동국의 액세스 요청을 수신할 확률을 낮아진다. 그러나 이동국의 송신전력은 다른 사용자들에게 큰 간섭을 발생시키지는 않는다.

이동국이 기지국에 처음 액세스를 요청할 때의 방법이 IS-95 표준규격에 규정되어 있는데, 연속적인 액세스 탐색(Access probe)을 하게 된다. 액세스 탐색이라 함은 점진적으로 높은 전력을 송신하는 방법이다. 이동국은 처음에는 비교적 낮은 전력으로 액세스 탐색을 한 후 기지국으로부터의 응답을 기다린다. 만일 이동국이 랜덤한 기간동안 기지국으로부터 응답을 받지 않으면, 이동국은 조금 더 높은 전력으로 두 번째 액세스 탐색을 시도한다. 현재 액세스 탐색시의 전력과 이전 액세스 탐색시의 전력의 차이는 액세스 탐색 수정(Access probe correction)이라고 부른다(그림 2.6). 액세스 탐색 수정시 송신전력의 증가는 시스템 파라미터 PWR_STEP로 규정되어 있다.[3]

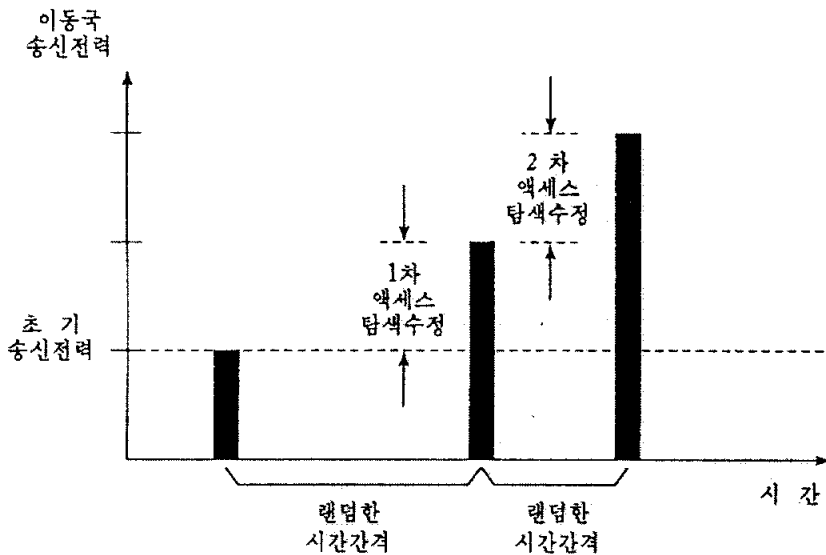


그림 2-6 이동국이 시스템을 액세스하기 위한 일련의 액세스 탐색

표준규격에는 이동국의 초기 전력을 예측하기 위하여 기지국으로부터 수신한 전력레벨을 사용해야 한다는 것을 규정해 놓고 있다. 예를 들면, 이동국이 기지국으로부터 수신한 전력이 크다면 기지국이 가까이 있다고 가정하고, 초기에 낮은 전력으로 송신한다. 만일 이동국이 수신한 전력이 낮으면, 기지국은 멀리 떨어져 있다고 가정하고 초기에는 높은 전력으로 송신한다. 기지국으로부터 수

신한 전력으로부터 이동국은 기지국과 이동국 사이의 순방향 경로 감쇄를 예측할 수 있다. 만일 기지국의 실효 방사전력을 안다면, 이동국은 경로감쇄를 보상하기 위하여 전송할 전력을 결정할 수 있다. 실제로 이동국은 기지국의 실효 방사전력을 알지 못할 뿐만 아니라, 현재 수신한 전력 중 다른 인접 기지국으로부터 얼마나 많은 전력이 수신되었는지도 알 수가 없다. 그러므로 표준규격은 일반적인 타 기지국의 영향과 기지국의 실효 방사전력을 가정하여 의무적인 상수 값을 규정하고 있다. 특별히 이동국의 초기 송신전력 $P_{t,initial}$ 은 dB값으로 다음과 같이 정해져 있다.[1]

$$P_{t,initial} = P_r - 73 + NOM_{PWR} + INIT_{PWR} \quad (2.8)$$

이 식에서 보는 바와 같이, 셀룰러 시스템에서 의무적인 상수 값은 -73이고, PCS시스템에서는 -76이다. 나머지 두 개의 조정값 NOM_{PWR} 과 $INIT_{PWR}$ 은 이동국의 초기 송신전력을 좀 더 미세하게 조정하기 위하여 시스템 운영자가 결정한다. 두 개의 조정값 NOM_{PWR} 과 $INIT_{PWR}$ 뿐만 아니라 PWR_{STEP} 은 이동국이 액세스를 하기 전에 기지국이 액세스 파라미터 메시지로 알려준다.[1] 이동국은 이 두 값을 수신한 후 (2.8)식에 의하여 초기 송신 전력을 결정한다.

2.3.2.2 개방 루프

앞에서 설명한 개방 루프 전력제어는 전적으로 이동국에 의해서만 제어되며 기지국은 전혀 개입되지 않는다. 개방루프 전력제어 절차는 기지국이 이동국의 액세스 요청에 응답을 하고 통화 채널을 통하여 송신을 한 후에 더욱 활발히 계속된다.

호가 설정이 된 후 이동국이 셀 내에서 움직이면 이동국과 기지국 사이의 경로손실은 계속 변하게 된다. 결국 이동국이 수신한 전력은 변하므로, 이동국은

수신한 전력 P_r 을 계속하여 감시하며 개방 루프 전력제어는 다음 식에 의하여 송신 전력을 조정하게 된다.

$$P_t = - P_r - 73 + NOM_{PWR} + INIT_{PWR} + (\text{모든 액세스탐색 보정항의합}) \quad (2.9)$$

여기서, P_t 는 이동국 송신전력인데 개방루프에 의한 예측 값이다. (2.9)와 (2.8)의 차이점은 (2.9)은 액세스 탐색 전송기간 동안 이루어지는 부가적인 모든 액세스 탐색 보정항을 포함하는 것이다.

(2.9)에 설명된 개방루프 전력제어는 순방향 경로손실을 예측한 값에 기반을 두고 있다는 것을 주목하자. 개방루프 전력제어는 순방향 링크와 역방향 링크사이에 연관이 있는 천천히 변하는 대수-정규 음영(log-normal shadowing) 효과를 보상하기 위해 사용된다. 그러나 순방향 링크와 역방향 링크는 사용 주파수가 다르기 때문에 다소 차이가 있으며, 너무 느려서 레일레이 페이딩을 보상할 수가 없다. 빠른 레일레이 페이딩은 사용 주파수에 영향을 받으며, 짧으면 반파장을 주기로 신호의 세기가 변화한다. 부연하면, 빠른 레일레이 페이딩은 주파수의 영향을 받기 때문에 빠른 레일레이 페이딩을 극복하기 위해서(순방향 경로손실과 역방향 경로손실을 동일하다고 가정하는) 개방루프 전력제어를 사용할 수 없다.

2.3.2.3 페루프

페루프 전력제어는 빠른 레일레이 페이딩에 의하여 발생하는 전력변화를 보상하기 위하여 사용된다. 페루프 전력제어는 기지국과 이동국 모두가 개입된다. 일단 이동국이 통화 채널을 획득하고 기지국과 통화를 하면 페루프 전력제어는 개방루프 전력제어와 연동하여 동작을 한다. 페루프 전력 제어시에 기지국은 역방향 링크를 계속하여 감시하고 링크의 품질을 측정한다. 만일 링크의 품질이

나빠지면, 기지국은 순방향 링크를 통하여 이동국에 송신전력을 높일 것을 명령한다. 만일 링크의 품질이 너무 좋으면 역방향 링크로 너무 큰 전력을 송신하는 것을 의미하고, 기지국은 이동국에 송신전력을 줄일 것을 명령한다. 실질적으로 링크의 품질을 나타내는 것은 오율(FER)이 좋으나, 기지국이 프레임 오율 계산하기 위해서는 많은 비트를 고려해야 하므로 시간이 오래 걸리기 때문에 역방향 링크의 품질을 나타내는 데는 E_b/N_o 를 사용한다.

역방향 페루프 전력제어는 다음과 같다.

1. 기지국은 계속해서 역방향 E_b/N_o 를 감시한다.
2. 만일, E_b/N_o 가 너무 높으면(예를 들면 어떤 임계치[2]를 넘으면), 기지국은 이동국에게 송신전력을 줄이도록 명령한다.
3. 만일 E_b/N_o 가 너무 낮으면(예를 들면 어떤 임계치[2] 이하로 떨어지면), 기지국은 이동국에게 송신전력을 증가시키도록 명령한다.

기지국은 순방향 링크를 통하여 이동국으로 전력제어 명령을 송신한다. 이 전력제어 명령은 전력제어 비트(PCBs)로 보낸다. 전력제어 비트 당 이동국의 전력증가량 및 전력감소량은 각각 + 1 dB 및 -1 dB이다.

페루프 전력제어가 빠른 레일레이 페이딩을 극복할 목적으로 이동국은 전력제어 명령에 매우 빨리 응답해야 한다. 그러므로 전력제어 비트는 직접 통화 채널을 통해서 보내진다. 실제로 전력제어 비트를 송신하기 위해서 통화채널에 전력제어 비트를 끼워 넣는다. 그림 2.7은 순방향 통화 채널을 생성하는 일부분을 간단히 나타내고 있다.[4]

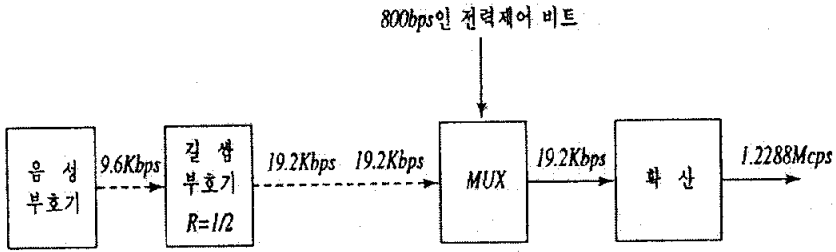


그림 2-7 순방향 통화 채널

순방향 통화 채널에서 800 bps인 전력제어 비트(PCB)는 19.2 Kbps인 기저 대역 정보비트 위에 직접 다중화 된다.

음성부호화기의 출력과 길쌈 부호기의 입력은 9.6 Kbps(데이터 속도 집합1일 때 최대속도)이다. 코드율 1/2인 길쌈 부호기는 기저대역의 속도를 2배로 하여 19.2 Kbps로 만든다. 확산하기 전에 800 bps인 전력제어비트가 19.2 Kbps인 기저 대역 데이터 위에 다중화 된다. 전력제어비트는 통화 채널로 전송되는 기저대역 데이터 열의 특정 비트를 없애고 그 위치에 삽입된다. 이런 방법으로 800 bps인 (전력제어 목적의) 또 다른 “채널”이 통화 채널 내에 존재하게 된다. 따라서 800 bps인 전력제어 데이터 열을 전력 제어부 채널(PCS : Power-control subchannel)이라고 한다. 전력제어 비트는 1/800초 또는 1.25 ms마다 한 비트씩 전송된다.

순방향 링크 및 역방향 링크 모두 통화 채널 프레임의 길이는 20 ms이다. 1.25 ms마다 전력제어 비트가 1비트씩 전송되므로, 각 통화 채널의 프레임은 (20 ms/1.25 ms) 또는 16개의 구획으로 나누어질 수 있다. 이 구획들을 전력제어 그룹(PCGs: Power control groups)이라고 한다. 각 전력제어 그룹의 길이는 1.25 ms이고 데이터 속도는 19.2 Kbps이므로, 각 전력제어 그룹은 $(19 \times 10^3)(1.25 \times 10^{-3}) = 24$ 비트를 포함하고 있다. 그림 2.8은 통화채널의 프레임 구조를 보이고 있다.

폐루프 전력제어 과정을 그림 2.9에 예를 들어 설명하고 있다. 전력제어 그룹 7(PCG7)에서 기지국은 신호 대 잡음비 또는 E_b/N_0 를 측정한다. 기지국은 측정된 E_b/N_0 값을 임계치와 비교한다. 만일 측정된 E_b/N_0 값이 임계치보다 크다면, 기지국은 순방향 링크의 전력제어 그룹9에 전력제어 비트 1일 삽입한다.

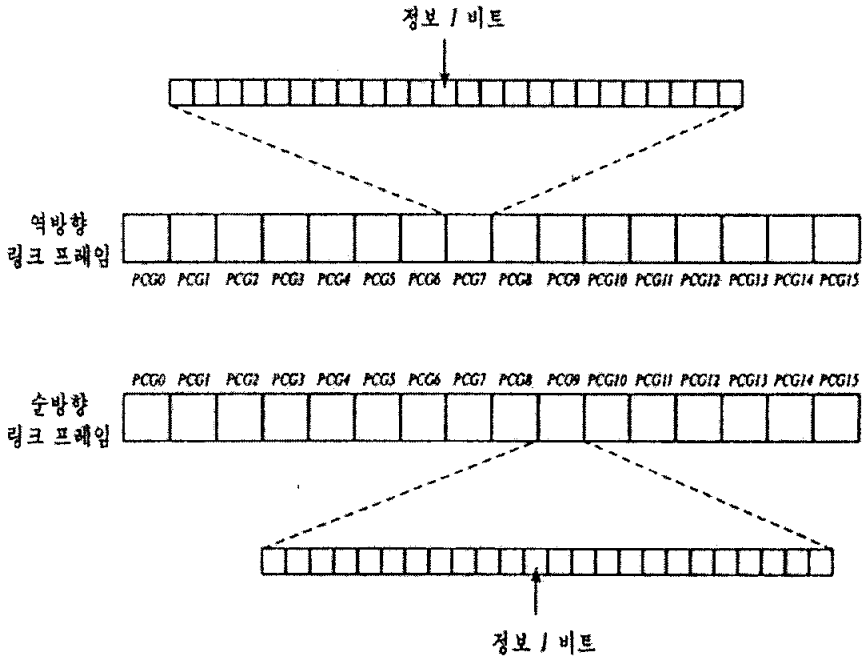


그림 2-8 통화 채널 프레임 과 전력제어 그룹의 관계

만일 측정된 E_b/N_0 값이 임계치보다 작다면 기지국은 순방향 링크의 전력제어 그룹9에 전력제어 비트 0을 삽입한다. 이런 과정은 매 전력제어 그룹마다 반복된다.

각 전력제어 그룹이 24비트(그림 2.8)를 포함하고 있으므로, 전력제어 비트는 첫 번째 16개 비트의 위치 중 어느 한 곳에 삽입된다. 전력제어 그룹 중 전력제어 비트의 위치는 데시메이터(decimator) 출력의 상위 4개 비트의 십진수 값으

로 결정된다. 긴 PN 코드가 테시메이터의 입력으로 사용된다. 전력제어 그룹 중 전력제어 비트의 정확한 위치는 고정되어 있지 않고, 랜덤하다.

페루프 전력제어에 관해서 언급해야 할 3가지 점이 있다.

전력제어비트는 채널 부호화 되지 않았다. 그림 2.8에서 보듯이 전력제어 비트는 길쌈 부호화 후의 순방향 통화 채널에 삽입된다. 그러므로 전력제어 비트는 채널 부호화가 되어있지 않다. 그 이유는 채널 복호화시 필수적인 지연시간을 줄이고, 에러 방지용 비트를 없애기 위함이다. 페루프 전력제어는 빠른 레일 레이 페이딩을 방지하기 위한 목적이라는 것을 염두에 두면, 전력제어비트는 이동국이 전력제어 비트를 빨리 복구하여 송신전력을 적절히 조정하기 위하여 에러는 복구되지 않는다. 결국 전력제어 부채널에 대한 비트 오류는 특별한 조치가 있지 않는 한 통화 채널의 오류보다 높다.

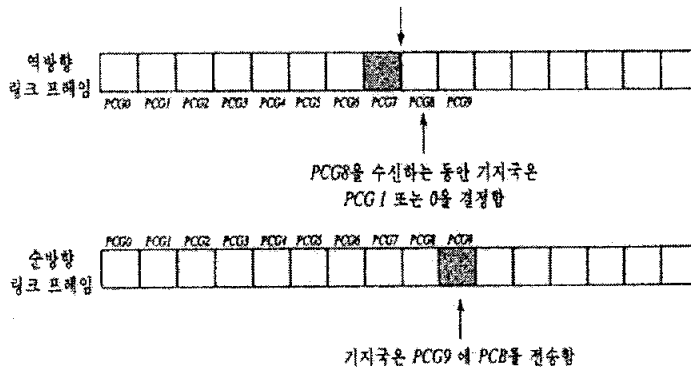


그림 2-9 전력제어 비트를 이용한 페루프 전력제어

페루프 전력제어는 내부 및 외부 루프가 있다. 여기서는 페루프 전력제어의 내부 루프에 대해서만 상세히 설명한다. 내부 루프의 전제조건은 전력 증감을 결정하는 미리 설정된 신호 대 잡음비의 임계치가 있다고 가정한다. 무선 채널에서는 프레임 오류와 E_b/N_0 값 사이에 직접 1:1의 관계가 유지되지 않으므로, 적절한 프레임 오류를 유지하기 위해 E_b/N_0 의 임계치는 계속해서 변경되어야 한다(내부 전력 제어 루프에 사용되는). E_b/N_0 임계치의 조정은 페루프 전력제

어의 외부루프라고 말한다(그림 2.10). 외부루프의 동작은 IS-95 표준규격에 규정되어 있지 않고, 각 네트워크 제조사가 자체적인 외부 루프 알고리즘을 구현하도록 되어 있다. 그러므로 이 알고리즘은 각 제조사마다 고유의 알고리즘을 갖는다.

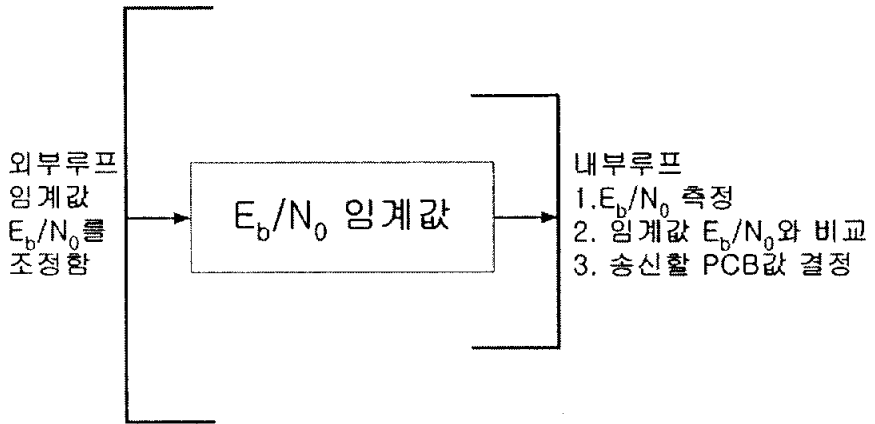


그림 2-10 페루프 전력제어의 내부 및 외부 루프

마지막으로 언급하려고 하는 것은 소프트 핸드오프시의 페루프 전격제어이다. IS-95 CDMA 시스템은 이동국이 2개 또는 3개의 셀 사이를 이동할 때 소프트 핸드오프 기간동안 이동국은 2개 또는 2개의 기지국으로부터 통화 채널을 수신하는데, 수신한 통화 채널들 사이에는 상반되는(예를 들면 어떤 기지국은 이동국에 전력을 증가할 것을 요구하는 반면에, 어떤 기지국은 전력 감소를 요구하는 경우) 전력제어 명령이 존재할 수 있다. 이런 상황 하에서 이동국은 다음과 같은 규칙을 따른다. 만일 어느 한 기지국이라도 이동국에 전력감소를 요구하면 이동국은 전력을 감소시킨다. 만일 소프트 핸드오프에 관련된 기지국 모두 이동국에 전력 증가를 명령하면 이동국은 전력을 증가시킨다.

Ⅲ. IS-96A Vocoder

3.1 개요

보코더는 음성을 압축하여 디지털화 하는 것을 뜻한다.

CDMA는 디지털 통신 방식의 일종으로 디지털 통신의 경우 사람의 음성을 그대로 전송하지 않고 압축하여 전송하는데 이것은 주파수를 효율적으로 사용하기 위해서 입니다. 통상 사람의 음성은 4 kHz까지의 대역을 가진다고 보는데 샘플링 과정을 거치게 되면 8 kHz 신호로 바뀌게 되고 PCM 신호로 바꾸기 위해 8bit 코딩하여 최종 64 kbps 신호가 된다. CDMA에서는 이 64 kbps 신호를 그대로 전송하지 않고 다시 압축하여 8k 또는 13k 신호로 만든다. 64 kbps 신호를 그대로 전송하면 음성 품질은 좋지만 가용 채널수가 줄어들어 효율적이지 못하며 8k로 압축할 경우 채널수는 많아지지만 음성 품질은 떨어지게 된다.

미국의 CDMA 사업자가 반드시 13k 보코딩 방식으로 서비스하지는 않고 8k 보코딩 방식으로 서비스하는 사업자도 있다. 중국의 경우 상용화된 CDMA 서비스는 모두 8k 보코딩 방식을 사용한다.

디지털 이동통신 시스템에서는 아날로그 음성 신호를 디지털 신호로 바꾸기 위해 PCM과 보코더를 사용한다. 보코더는 PCM에서 만들어진 64 kbps의 데이터에서 목소리의 특징만을 뽑아내어 8.6 kbps, 4 kbps, 2 kbps, 0.8 kbps의 4가지 데이터 전송율 중에서 선택적으로 변환합니다. 말의 속도가 빠를 때에는 8.6k의 데이터 전송율로 변환을 시키고 말이 느릴 때에는 4k의 데이터 전송율로 변환시킨다.

3.2 CELP(Code Excited Linear Prediction)

음성부호화 방식으로 파형부호화(Waveform Coding)방식과 파원부호화

(Source Coding Vocoding), 혼합 부호화(Hybride Coding)가 있다.

파형부호화는 음성파형 자체를 충실히 복원하고자 하는 방식이며, 파원 부호화는 음성발생기관의 모델링에 기초한 파라메타 부호화 방식이며 혼합 부호화는 파형부호와 파원 부호화의 조합 방식이다.

파형 부호화의 종류에는 PCM, ADPCM, ADM, APC, SBC, ATC 등이 있고, 파원 부호화에는 LPD, Phase Vocoder, Channel Vocoder, Formant Vocoder 등이 있고, 마지막으로 혼합부호화의 종류는 RELP, MPE-LPC, RPE-LPC, CELP, VSELP등이 있다.[8]

3.3 IS-96A QCELP Vocoder

퀄컴의 음성 부호화기는 미국 TDMA 시스템에서 채택된 VSELP방식과 근간은 유사하나 음성 부호화된 출력의 비트 속도가 8 kbps, 4 kbps, 2 kbps 및 1 kbps로 가변되는 것이 가장 큰 차이점이다. 이와 같이 데이터 속도를 가변시키므로 용량을 증가시키며, 채널 오류에 강하고, back ground잡음을 부호화 하여 자연스럽게 하는 효과를 얻을 수 있다.

음성신호가 존재할 때에는 최대 8 kbps의 비트 속도가 되며, 음성신호가 존재하지 않을 때에는 1 kbps로 가변되는데 갑작스럽게 비트속도가 가변되는 것은 아니고 4 kbps와 2 kbps의 과정을 거치면서 자연스럽게 만든다. 비트속도가 변하는 단위는 20msec이다 그림 11은 음성 부호화기의 구조를 나타내고 있다.

퀄컴이 제안한 QCELP Vocoder 0.8-8 kbps의 가변 데이터 전송율을 가진점이 13 kbps RPE-LTP의 고정된 데이터 전송율을 사용한 GSM과 8 kbps의 고정 데이터 전송율을 가진 TDMA의 VCELP와는 다르다고 할 수 있겠다. 현재 퀄컴사에서는 QCELP Vocoder로 AT&T사에서 제작한 DSP1616을 사용해 퀄컴사에서 개발한 QCELP알고리즘을 실어 구현하고 있다. QCELP Vocoder는 입력되는 음성신호의 에너지 트기에 따라 전송율을 변화시킬 수 있다. 20msec단위

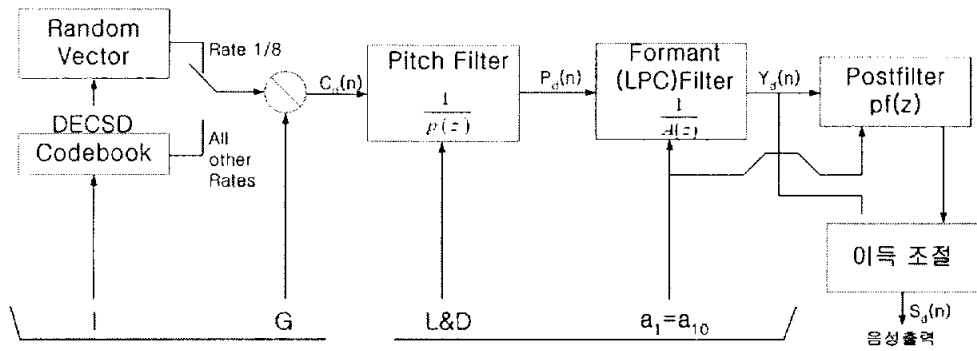


그림 3.1 음성 부호화기의 구조

로 음성 신호의 존재 여부를 검출하여 음성 구간에서는 8 kbps, 잡음만 존재하는 경우에는 800bps로 전송하며 갑작스런 변화를 방지하기 위해 4 kbps, 2 kbps의 전송속도도 사용하게 된다. 실제적으로 통화 중 음성 신호의 존재율은 50%미만이므로 평균 전송속도는 4 kbps이하로 감소될 수 있게 되어 신호대 잡음 전력비를 더욱 낮출 수 있게 되어 수용 가능한 가입자의 수를 증가시키게 된다. 8 kbps의 데이터는 160개의 정보 bit와 11개의 parity check bit로 구성되는데 음성신호가 없을 시의 전송율인 800bps의 데이터는 가우시안 랜덤 발생기를 이용하여 얻어진 랜덤 Codebook을 사용하여 음성 데이터가 존재하지 않을 경우에도 Codebook seed를 전송하게 되는데 그 이유는 송신측과 수신측 피치 필터의 동기 때문이고 포맷 필터의 계수들은 LSP로 변환하여 전송하는데 그 이유는 LSP가 LAR보다 좋은 양자화 특징을 가지고 있기 때문이다.

IV. SPW를 이용한 Simulation

4.1 Simulation 환경

Cadence SPW 플랫폼에서 역방향 PCS/CDMA 시스템과 IS-96A QCELP Vocoder을 구성하고, Noise Power Spectral Density를 -20dB , -100dB 로 주어 PCS/CDMA 시스템에서 시뮬레이션 하여 E_b/N_t 에 따른 BER을 얻어냈으며, 이때의 BER을 QCELP Vocoder의 입력으로 하여 음성신호의 과형을 얻어 냈다.

4.2 PCS/CDMA reverse link system

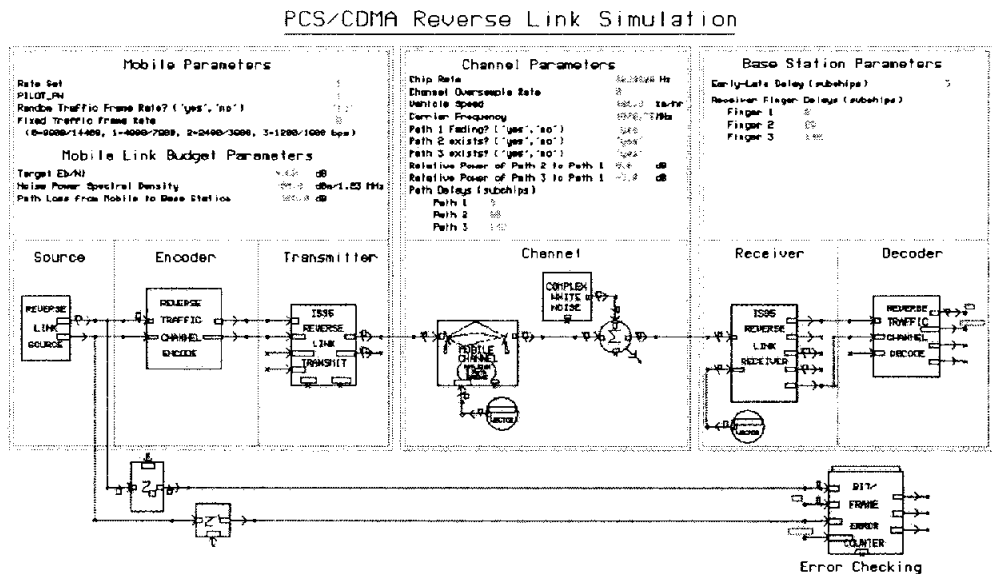


그림 4-1 PCS/CDMA reverse link system

그림 4-1에서는 송신부, 채널, 수신부 3가지로 나누어지며 각각의 Parameter

는 Mobile parameters, Mobile link budget parameters, Channel parameters, Base station parameters이다.

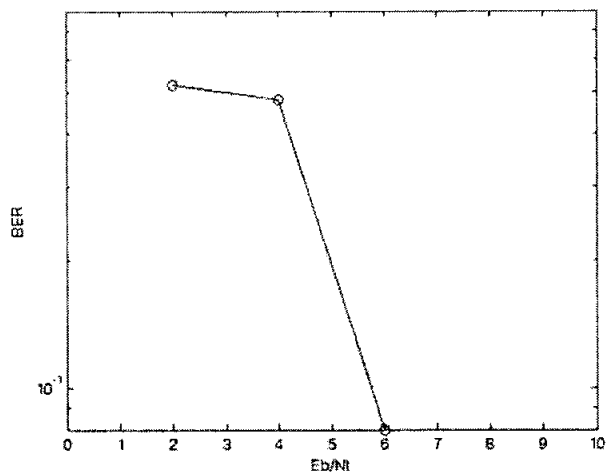
위 각각의 Parameter값을 변경함으로써 그에 따라 변화하는 BER(Bit Error Rate) 값을 얻을 수 있다.

4.2.1 NPSD(Noise Power Spectral Density)가 -100dB일 때

Mobile Link Budget Parameters	
Target E_b/N_t	9.00 dB
Noise Power spectral Density	-100 dBm/1.23MHz
Path Loss from Mobile to Base Station	-100 dB

(a)

NPSD : -100dBm



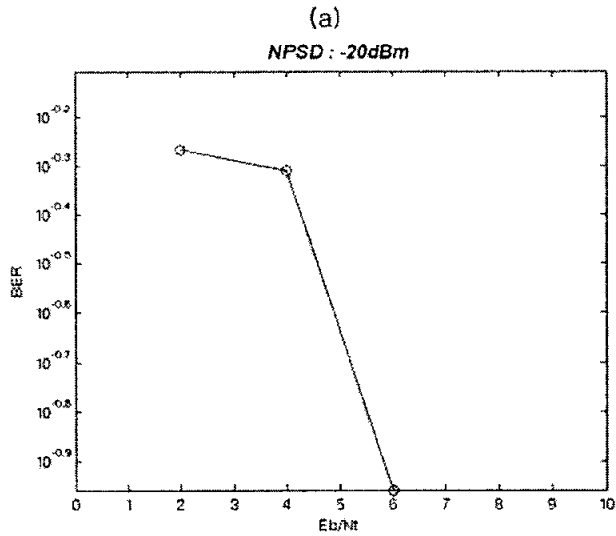
(b)

그림 4-2 (a) Parameter : -100dB (b) BER per E_b/N_t

그림 4-2 (b)는 E_b/N_t 의 값을 2,4,6으로 변화시켜 BER변화량을 얻은 것이다.

4.2.2 NPSD(Noise Power Spectral Density)가 -20dB일 때

Mobile Link Budget Parameters	
Target E_b/N_t	4.00 dB
Noise Power spectral Density	-20 dBm/1.23MHz
Path Loss from Mobile to Base Station	-100 dB



(b)

그림 4-3 (a) Parameter : -20 (b) BER per E_b/N_t

4.3 PCS/CDMA system에서 QCELP Vocoder를 이용한 성능 분석

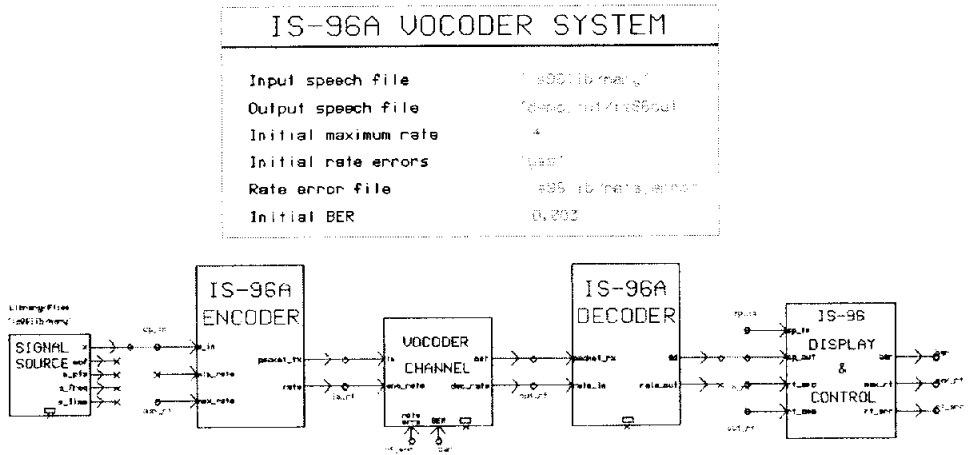


그림 4-4 IS-96A Vocoder system

Signal Source에는 'Mary has a little lamb' 라는 음성을 입력하였고, Vocoder Channel은 입력되는 Bit들을 BER값에 따라 Bit를 조작한다. IS-96 Encoder와 IS-96 Decoder는 BER값에 따라서 Bit Rate를 조절하여 송·수신한다. 4.2절에서 구한 BER 0.015, 0.025, 0.075을 IS-96A vocoder system의 parameter인 Initial BER의 입력으로 하여 Simulation한 결과 그림 4-5와 그림 4-6과 같은 파형을 얻었다.

BER 값이 높아질수록 수신되는 음성 파형이 더 많이 왜곡된 것을 볼 수 있다. 하지만 음성 신호를 수신함에 있어 수신 감도는 떨어지지만 복호되는 음성을 인지함에 있어서는 문제가 없었다. 하지만 위에서 Simulation한 값보다 더 큰 BER에서는 물론 어느 정도 인지는 가능하지만 실효성 측면에서는 부적절하다.

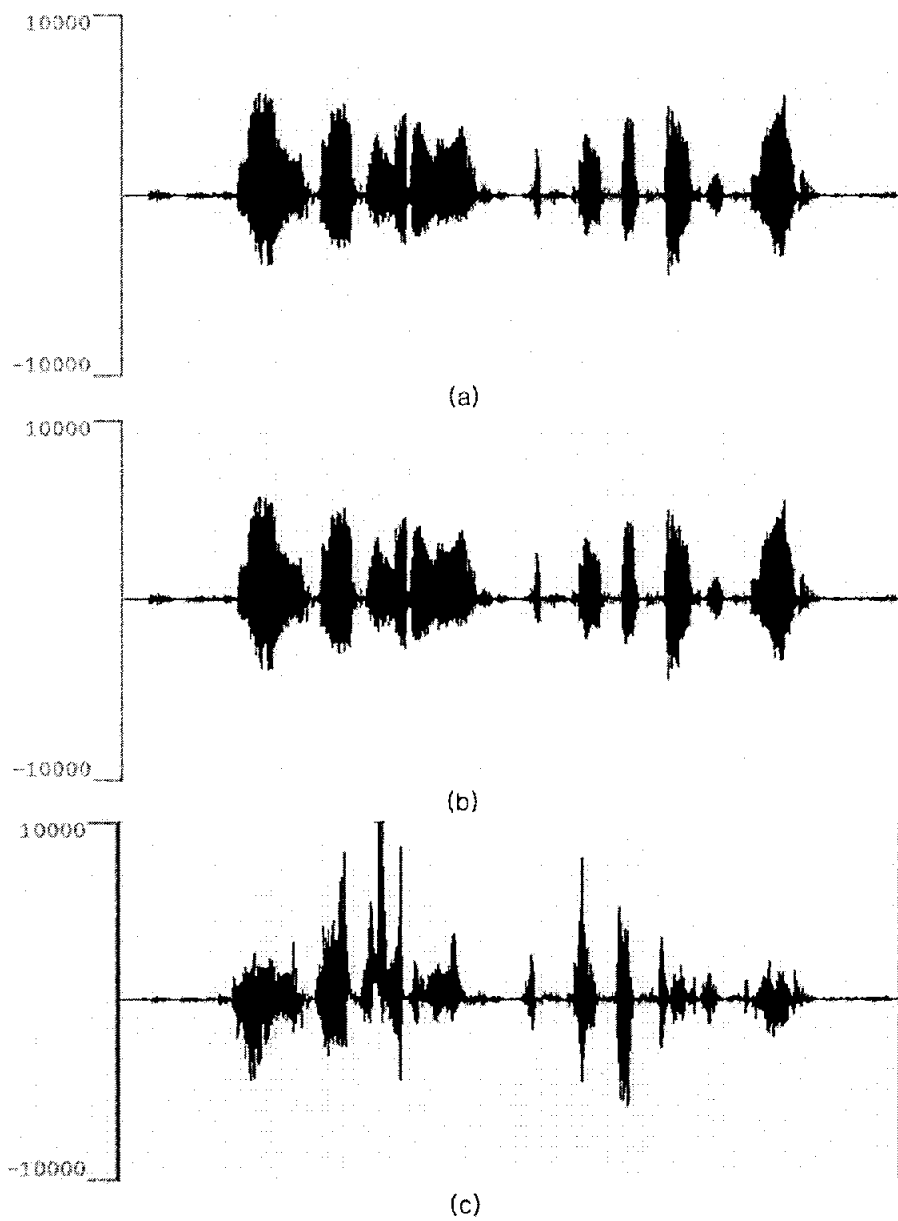


그림 4-5 (a) Source Signal (b) BER=0 (c) BER=0.015

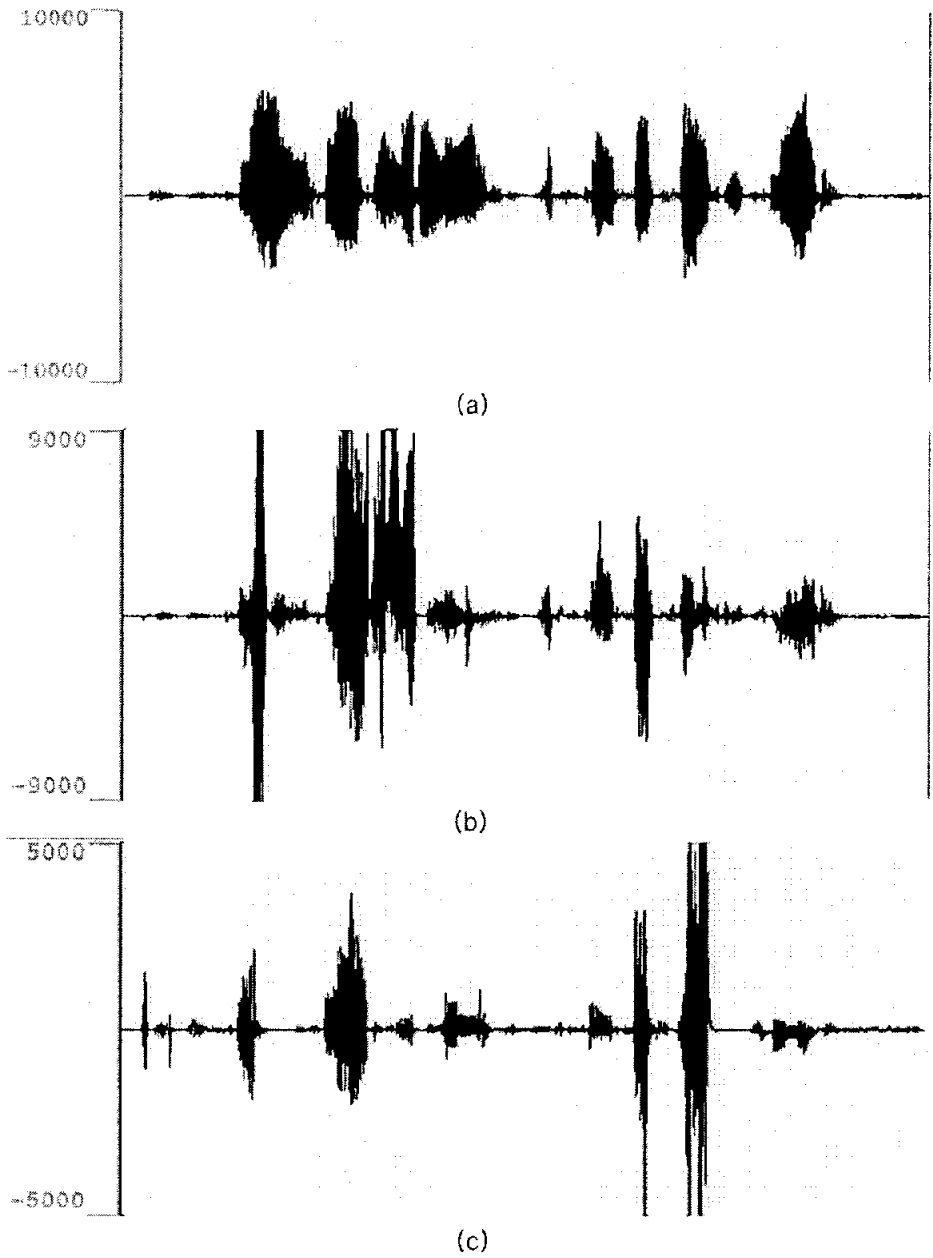


그림 4-6 (a) Source Signal (b) BER=0.025 (c) BER=0.075

V. 결론

본 논문에서는 Cadence SPW를 이용하여 PCS/CDMA 셀룰러 시스템을 구성하였고 QCELP Vocoder를 이용하여 음성신호를 분석하였다.

특히 PCS/CDMA 시스템 시뮬레이션에서 BER를 얻어 이 값을 QCELP Vocoder에서 BER 과 음질과의 상호관계를 조사하였다.

BER 값이 높아질수록 음성파형의 왜곡 현상도 심해지는 상황을 그림을 통해 볼 수 있었다.

참고 문헌

- (1) TIA/EIA IS-95A, "Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Cellular System," Telecommunications Industry Association.
- (2) Qualcomm, The CDMA Network Engineering Handbook, VOL. 1: Concepts in CDMA, 1993.
- (3) Labedz, G., et al., "Predicting Real-World Performance for Key Parameters in a CDMA Cellular System," Proc. 46th Annual Vehicular Technology Conference, IEEE, 1996, pp.1472-1476
- (4) Gilhousen, K.S., et al., "On the Capacity of a Cellular CDMA System." IEEE Trans. on Vehicular Technology, VOL. 40, MAY 1991, pp.306-307
- (5) Glisic, S., and B. Vucetic, Spread Spectrum CDMA System for Wireless Communications, Norwood, MA:Artech House, 1997
- (6) Padovani, R. "Reverse Link Performance of IS-95 Based Cellular Systems," IEEE Personal Communications Magazine, Third Quarter, 1994
- (7) Viterbi, A.J., and R. Padovani, "Implications of Mobile Cellular CDMA," IEEE Communications Magazine, Dec. 1992.
- (8) Schroeder, M. R., and B.S. Atal, "Code-Excited Linear Prediction(CELP): High-Quality Speech at Very Low Bit Rates," Proc. IEEE Conf. Acoustic, Speech, and Signal Processing, 1985