

# CDMA2000 1x 역방향 링크의 신호 품질 측정 알고리즘

## A Signal Quality Measurement Algorithm for CDMA2000 1x Reverse-link

강성진\*

Sung-Jin Kang\*

### 요 약

본 논문에서는 CDMA2000 1x 단말기 신호의 품질 측정을 위한 알고리즘을 제안하고 구현하였다. 제안된 알고리즘은 PC 기반 플랫폼에서 소프트웨어로 구현이 가능하도록 하였으며, 4배 오버샘플링된 입력 신호에 대하여 등화, PN 부호 동기 및 추적, 주파수 및 위상 오프셋 보상을 수행하여 수신 신호가 추출되고, 추출된 신호로부터 역확산, 복조를 통해 측정에 사용될 기준 신호를 재생성한다. 이 재생성된 신호와 추출된 신호를 이용하여 단말기의 신호 품질을 측정한다.

### Abstract

In this paper, we propose and implement a signal quality measurement algorithm for CDMA2000 1x terminal. The proposed algorithm is suitable to be implemented in software on a PC-based platform and extract the received signal after carrying out equalization, PN code acquisition and tracking, frequency and phase offset compensation with 4-oversampled input signal. Then, through despreading and demodulation with the extracted signal, the proposed algorithm regenerate the reference signal to be used in measurement. The signal quality is measured using this regenerated signal and the extracted signal.

Key words : CDMA2000, signal quality measurement, PC-based platform

### I. 서 론

최근에 이동통신을 위한 표준은 아주 빠르게 변화하고 있으며, 이동통신 단말기는 국제 로밍 뿐 만 아니라 기존에 설치되어 있는 이동 통신망과의 연동 등을 위해 하나의 단말기에서 최소 2개 이상의 이동 통신 표준을 지원하고 있다. 따라서, 이동통신 단말기를 양산할 때에 무선 모뎀의 품질을 측정하기 위해 다수 개의 계측 장비가 필요하게 되고, 측정 시간도

길어지는 등 이동 통신 단말기의 대량 양산을 어렵게 만들고 있다. 이러한 문제들을 해결하면서 급속한 이동 통신 표준의 변화에 대처할 수 있고, 측정 장비의 가격 경쟁력을 갖추기 위해 이동 통신용 측정 장비 제조 회사들은 그림 1과 같이 산업용 PC(Industrial Personal Computer) 기반 플랫폼에서 DUT(Device Under Test)의 측정 항목들을 소프트웨어로 구현하여 계측 장비를 개발하고 있는 추세이다.

과거에는 각 표준에 해당하는 독립적인 측정 장비

\* 한국기술교육대학교 전기전자통신공학부(School of Electrical, Electronics & Comm. Eng., Korea University of Tech. and Educ.)

· 제1저자 (First Author) : 강성진 (Sung-Jin Kang, Tel : +82-41-560-1177, email : sjkang@kut.ac.kr)

· 투고일자 : 2012년 10월 26일

· 심사(수정)일자 : 2012년 10월 28일 (수정일자 : 2012년 12월 23일)

· 게재일자 : 2012년 12월 30일

나 전용 하드웨어 모듈을 추가하는 방식이기 때문에, 비용도 많이 들고, 테스트 시간도 길어졌지만, 그림 1과 같이 다양한 규격에 맞는 주파수를 발생하여 수신된 통과대역(Passband) 신호를 기저대역(Baseband) 신호로 변환할 수 있는 RF(Radio Frequency) 부분, 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하는 ADC(Analog to Digital Convertor) 부분, ADC에서 샘플링된 신호를 처리하기 위한 PC 기반 플랫폼으로 장비를 구성한다. PC 기반 플랫폼에서는 소프트웨어로 RF와 ADC를 제어하고, 샘플링된 신호를 규격에 맞게 처리하여 원하는 항목을 측정할 수 있게 해준다[1].

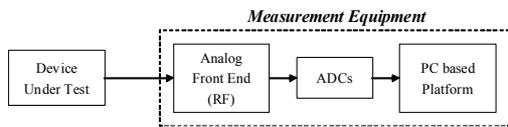


그림 1. 이동 통신 단말기 측정 장비 구조  
 Fig. 1. Measurement equipment structure of mobile communication terminal.

CDMA2000은 1996년부터 인기를 끌었던 2세대 CDMA(Code Division Multiple Access) 방식 이동통신인 IS-95 A·B보다 진화된 3세대 동기식 무선접속 기술표준이며, 대략 100여개 국가에서 270여개의 네트워크가 설치되었고, 가입자는 5억명을 상회한다[2].

CDMA2000 1x와 CDMA2000 1x EV/DO(Evolution Data Optimized) 두 종류가 있다. CDMA2000 1x은 SR(Spreading Rate) 1과 SR3을 지원하는데, SR1은 RC(Radio Configuration) 3, 4가 있고, SR3은 RC5, 6을 지원한다[3]. RC1, 2는 IS-95규격이다. CDMA2000 1x 시스템에서도 IS-95와 동일하게 complex spreading이 된 후에 기저대역 여파기를 사용한다. 따라서 송신신호는 자체 ICI(Inter-Chip Interference)가 존재한다.

본 논문에서는 CDMA2000 1x 시스템의 역방향 링크에서 SR1을 사용하는 RC3, 4에 대해서 단말기 송신 신호의 품질을 측정하는 알고리즘을 제안하고 소프트웨어로 구현하였다. 품질 분석 항목으로는 송신기 파형 품질 계수  $\rho$ (Rho, Transmitter Waveform Quality Factor), EVM(Error Vector Magnitude), 진폭에러(Magnitude Error), 위상에러(Phase Error), 주파수 오프셋, 채널 전력(Channel Power), CDP(Code Domain Power), I/Q DC 오프셋, I/Q 최대 비활성 채널 전력

(I/Q Maximum Inactive Channel Power) 등이 있다.

본 논문의 구성은 2장에서 CDMA2000 1x 역방향 링크에 대해 다루고, 3장에서 제안된 알고리즘을 설명한다. 4장에서 성능을 평가하고 5장에서 결론을 맺는다.

## II. CDMA2000 1x 역방향 링크

본 논문에서는 CDMA2000 1x rel.C [3]를 기준으로 하였다. 이 표준은 IS-95 시스템의 Access Channel과 Traffic Channel외에, Reverse Pilot Channel, Enhanced Access Channel, Reverse Common Control Channel, Reverse Dedicated Control Channel 등이 추가 되었다. CDMA2000 1x rel.C의 역방향 링크는 RC1 ~ RC6까지 있다. 본 논문에서는 SR1을 사용하는 RC3, 4에 대해서만 고려한다. 표 1은 SR1에 대한 역방향 채널의 이동국당 가질 수 있는 채널 타입과 최대로 가질 수 있는 채널 개수를 보여준다.

표 1. SR1에 대한 역방향 채널의 이동국당 채널타입  
 Table 1. Channel type per mobile station on the reverse channel for SR1

| Channel Type   | Maximum Number |
|--|----------------|
| Reverse Pilot Channel                                | 1              |
| Access Channel                                       | 1              |
| Enhanced Access Channel                              | 1              |
| Reverse Common Control Channel                       | 1              |
| Reverse Dedicated Control Channel                    | 1              |
| Reverse Fundamental Channel                          | 1              |
| Reverse Supplemental Code Channel (RC1 and RC2 only) | 7              |
| Reverse Supplemental Channel (RC3 and RC4 only)      | 2              |

CDMA2000 1x 표준의 가장 큰 특징은 각 채널이 Walsh Cover를 이용하여 orthogonal spreading을 하고, 채널간 상대적인 이득(Relative Gain)이 곱해진 후에 I/Q 채널에 할당되며, I/Q채널로 구성된 복소 신호는 complex spreading sequence를 통해 quadrature spreading이 수행된다. complex spreading된 신호는 기저대역 필터를 거치게 되는데, 이 필터는 IS-95에서

사용하는 필터와 같다. 이로 인해 CDMA2000 1x 역방향 링크 신호는 ICI가 발생하게 된다. 표 2는 역방향 채널에서 사용되는 Walsh 함수를 나타낸다.

표 2. 역방향 채널에 사용되는 Walsh 함수  
Table 2. Walsh functions for reverse channel

| Channel Type                      | Walsh Function     |
|-----------------------------------|--------------------|
| Reverse Pilot Channel             | $W_0^{32}$         |
| Enhanced Access Channel           | $W_2^8$            |
| Reverse Common Control Channel    | $W_2^8$            |
| Reverse Dedicated Control Channel | $W_8^{16}$         |
| Reverse Fundamental Channel       | $W_4^{16}$         |
| Reverse Supplemental Channel 1    | $W_1^2$ or $W_2^4$ |
| Reverse Supplemental Channel 2    | $W_2^4$ or $W_6^8$ |

### III. 제안된 측정 알고리즘

그림 2는 제안된 측정 알고리즘의 구조이다. 단말기에서 송신된 신호는 그림 1에서와 같이 RF단에 입력된다. 이 때, 신호 품질 측정 장비는 단말기에 발생된 신호의 품질을 측정하는 것이 목적이기 때문에, 안테나를 통해 신호를 수신하지 않고, 단말기와 유선 케이블로 직접 연결된다. RF단에 입력된 신호는 down-conversion되어 기저대역으로 변환된 후에 ADC(Analog-to-Digital Converter)에서 4배 오버샘플링된다. ADC 출력신호는 등화기로 입력되는데, 등화기에서는 송신기의 기저대역 필터로 인해 발생한 ICI를 제거한다.

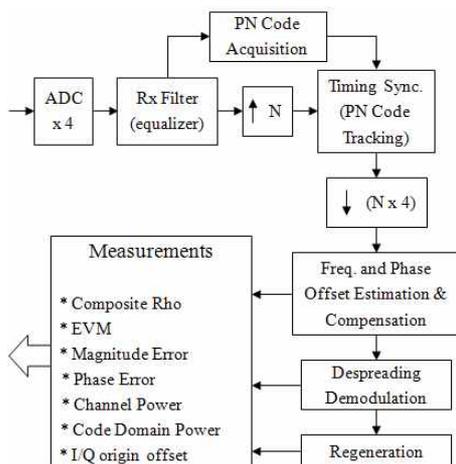


그림 2. 제안된 측정 알고리즘 구조  
Fig. 2. The proposed measurement algorithm structure.

제품생산 단계의 단말기는 등록이 되지 않았기 때문에, Long code는 고려하지 않는다. 따라서, 등화기 출력신호로부터 I/Q PN sequence에 대한 동기(Acquisition)만 수행된다. PN sequence에 대한 동기가 되면 N배 보간(Interpolation)된 신호로부터 정확한 타이밍을 찾아서, 칩 단위로 샘플링 신호가 추출된다. 이 신호로부터 주파수와 위상의 오프셋을 추정하여 보상한다. 주파수와 위상 오프셋이 보상된 신호는 역확산과 복조과정을 거쳐 재생성 되어 기준 신호로 사용된다. 재생성된 기준신호와 보상된 신호를 이용하여 신호의 품질을 측정하게 된다.

#### 3-1 등화기

ADC의 출력 신호는 ICI가 존재하기 때문에 다른 신호 처리보다 우선하여 등화기가 동작해야한다. 등화기와 송신기 기저대역 필터의 임펄스 응답을 합하여 zero-ICI가 되도록 해야 한다. 송신기의 기저대역 필터에서 사용된 임펄스 응답을  $g(k)$ ,  $k = 0, \dots, N-1$ 라 하면, 등화기의 임펄스 응답은 식 (1)과 같이 얻을 수 있다[1,4].

$$F = G^T(GG^T)^{-1}H \quad (1)$$

여기에서,  $F = [f(0)f(1) \dots f(L-1)]^T$ 는 등화기 임펄스 응답  $f(k)$ 으로 구성된 행렬이고,  $H = [0 \dots 010 \dots 0]^T$ 는 행렬의 가운데 위치의 원소만 1이고 나머지는 모두 0인 행렬이고,  $G$ 는  $g(k)$ 의 Toeplitz 행렬이다. 첨자 'T'는 행렬의 전치(Transpose)를 의미한다. 본 논문에서는  $L=48$ 로 하였다.

#### 3-2 PN 동기(Acquisition)

수신 등화기 출력은 timing offset, 주파수 및 위상 오프셋이 존재하며, 이를 추정하기 위해서는 파일럿 채널을 이용할 수 있는데, I/Q PN sequence의 동기를 획득해야만 가능하다. 따라서, 등화기 출력신호로부터 PN 동기를 수행해야한다. CDMA2000 1x 시스템에서 SR1에 사용되는 I/Q PN sequence는 [3]에 정의

되었고, 주기가 32768이다. 20msec 한 프레임은 16개의 PCG(Power Control Group)으로 구성되어 있고, 1.25msec PCG는 총 1536 chip으로 구성된다. PN 동기는 참고문헌 [5]를 참조하였으며, 식 (1)과 같이 동작하도록 하였다.

$$A(b, k) = \max_i \left( \sum_{l=0}^{L-1} \left| \sum_{m=0}^{N-1} r(i+k+M+n) \cdot C^l(Bb+n) \right|^2 \right) \quad (1)$$

여기에서  $r(k)$ 는 등화기 출력 샘플,  $C(k)$ 는 I/Q PN sequence로 이루어진 복소수, 첨자 '\*'는 켈레복소수를 나타낸다.  $0 \leq b \leq 15$ 는 PN 동기 탐색기의 병렬 개수,  $0 \leq k \leq 3$ 는 오버샘플링 인덱스이다. 본 논문에서는  $L = 2$ ,  $N = 128$ 로 설정했으며,  $B = 32,768/16 = 2048$ 이 된다. 식 (1)에 의해 얻어진  $A(b, k)$ 에서 최대값을 구하면 PN 동기를 얻을 수 있다.

### 3-3 타이밍 동기(PN Tracking)

등화기 출력 신호는 ADC 출력 신호와 마찬가지로 4배 오버샘플링된 신호이다. PN 동기는 4배 오버샘플링된 신호에 대해서 수행되는 반면에 타이밍 동기는 더 정확하게 동기를 맞추어야 한다.

등화기 출력신호는 주파수 및 위상 오프셋이 존재할 수 있으며, ADC의 샘플링 오프셋도 존재할 수 있다. 따라서, 타이밍 동기는 등화기 출력신호를 N배 보간(Interpolation)하여 ADC 샘플링 오프셋을 보상한다. 또한, PN 동기 정보를 이용 파일럿 채널을 추출한 후에 주파수 오프셋을 추정하여, 주파수 오프셋이 보상된 신호로부터 좀 더 정확한 타이밍 동기를 수행하도록 하였다. 주파수 오프셋 추정은 3-4절의 알고리즘을 사용하고, 파일럿 채널 심볼은 24개를 사용한다. 타이밍 동기의 입력신호는 한 칩당 4배 오버샘플링된 후에 N배 보간 되었으므로  $4N/T_c$ Hz이고, 타이밍 동기의 출력신호는  $4N$ 배 decimation이 되어 chip rate인  $1/T_c$ Hz의 신호가 된다.

### 3-4 주파수 및 위상 오프셋 추정

타이밍 동기가 이루어지면, chip rate로 샘플링된

신호가 얻어진다. PN 동기와 타이밍 동기가 획득되었기 때문에, 주파수 및 위상 오프셋 추정은 파일럿 채널을 이용하여 수행이 가능하다.

주파수 오프셋을 추정하는 알고리즘은 [6,7]에 잘 나타나 있다. [6]에서는 다양한 알고리즘 (ML, L&W, Fitz, and L&R)이 소개되어있는데, 이 중에서 추정 범위도 넓고 정확도도 우수한 알고리즘은 최우도 (ML: Maximum Likelihood) 알고리즘이며 아래 식과 같다.

$$\hat{f} = \frac{1}{2\pi T_c} \sum_{m=1}^N w(m) \times [\arg\{R(m)\} - \arg\{R(m-1)\}]_{2\pi} \quad (2)$$

여기에서,  $w(m)$ 은 평탄화 함수 (Smoothing Function)이며, 식 (3)과 같다.

$$w(m) = \frac{3[(L_0 - m)(L_0 - m + 1) - N(L_0 - N)]}{N(4N^2 - 6NL_0 + 3L_0^2 - 1)} \quad (3)$$

식 (2)와 식 (3)에서 설명되지 않은 변수들은 참고문헌 [6]에 정의되어 있다. 1PCG에서는 48개의 파일럿 심볼이 있으므로,  $N = 48$ ,  $L_0 = N/2 = 24$ 이다. 식 (2)의 ML 알고리즘을 이용하여 주파수 오프셋이 보정되면 식 (4)을 이용하여 위상 오프셋을 추정한다.

$$\hat{\theta} = \text{atan} \left( \frac{\text{imag} \left[ \sum_{i=1}^{48} PI(i) \right]}{\text{real} \left[ \sum_{i=1}^{48} PI(i) \right]} \right) \quad (4)$$

여기에서  $PI(i)$ 는 추출된 48개의 파일럿 신호에서 주파수 오프셋이 보상된 신호이며,  $\text{real}[\cdot]$ ,  $\text{imag}[\cdot]$ 는 각각 복소수의 실수부와 허수부를 의미한다.

### 3-5 복조 및 재생성

신호의 품질을 측정하기 위해서는 이상적인 기준 신호가 필요하기 때문에, 주파수 및 위상 오프셋이 보상된 신호를 복조한 후에 재생성하여 기준신호로 사용한다[8-10].

주파수 및 위상 오프셋이 보상된 신호에 Walsh 역

확산을 해서 논리 채널을 분리해내야 하는데, 표 1의 논리 채널 중에서, PICH(Pilot Channel), FCH(Fundamental Channel), DCCH(Dedicated Control Channel), SCH1(Supplemental Channel 1), SCH2를 분리해서 분석해야한다. 각 논리 채널을 분리하는데 사용되는 Walsh Cover는 표 2와 같다. 이중에서 SCH1과 SCH2는 채널 구성에 따라 두 종류의 Walsh function이 존재한다. SCH1에서는  $W_1^2 = [1 -1]$  또는  $W_2^4 = [1 1 -1 -1]$ 이 사용되고, SCH2에서는  $W_2^4$  또는  $W_6^8 = [1 1 -1 -1 -1 -1 1 1]$ 이 사용된다. SCH2에서 사용되는  $W_2^4$ 와  $W_6^8$ 는 4심볼이 직교하면서 위상이 180도 차이가 나기 때문에, 추가적인 정보 없이  $W_2^4$ 가 사용되었는지,  $W_6^8$ 이 사용되었는지 판별이 불가능하다. 따라서, SCH2는  $W_2^4$ 에 대해서만 분석한다. 반면에 SCH1은  $W_1^2$ 와  $W_2^4$ 가 구분가능하기 때문에, 두 Walsh Cover에 대해서 역확산을 한 후에 출력신호에 대한 에너지를 검출하여, 추가적인 정보 없이  $W_1^2$ 가 사용되었는지,  $W_2^4$ 가 사용되었는지 판단이 가능하다. Walsh 역확산 과정에서는 각 채널 별로 전력을 측정후 저장하여, 재생성시에 상대이득을 곱해주어야 한다.

### 3-6 신호 품질 측정

CDMA2000 1x 단말기 신호 품질 측정은 주파수 및 위상 오프셋이 보상된 신호와 재생성된 이상적인 기준 신호를 이용한다. 송신기 파형 품질 계수  $\rho$ 와 EVM은 아래 식과 같이 정의된다[8,11].

$$\rho = \frac{\left| \sum_{k=1}^M R_k Z_k^* \right|^2}{\sum_{k=1}^M |R_k|^2 \cdot \sum_{k=1}^M |Z_k|^2} \quad (5)$$

$$EVM_{rms} = \frac{\sqrt{\sum_{k=1}^M |R_k - Z_k|^2}}{\sqrt{\sum_{k=1}^M |R_k|^2}} \quad (6)$$

여기에서  $R_k$ 는 재생성된 기준신호의  $k$ 번째 샘플이고,  $Z_k$ 는 보상된 수신 신호의  $k$ 번째 샘플이다. 식 (6)은 EVM은 실효값(RMS)을 나타낸 것이며, 각 샘플마다 EVM이 계산되어야하며, 이를 바탕으로 EVM의 실효값, 피크값을 계산하여 백분율로 표시한다.

진폭 에러도 EVM과 유사하게 샘플마다  $R_k$ 와  $Z_k$ 의 진폭 에러를 계산하고, 실효값을 백분율로 표시한다. 위상 에러는 진폭에러와 유사하게 측정한다. 아래 식은 각각 진폭에러와 위상에러의 실효값 계산식을 나타낸다. 식 (8)의 위상에러 실효값은 도(Degree)로 환산한 값이다.

$$M_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^M \left| |R_k| - |Z_k| \right|^2}{\sum_{k=1}^M |R_k|^2}} \quad (7)$$

$$\theta_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^M \text{atan} \left( \frac{\text{imag}[R_k Z_k^*]}{\text{real}[R_k Z_k^*]} \right)^2 \cdot \frac{180}{M\pi}}{M\pi}} \quad (8)$$

I/Q DC 오프셋은 식 (9)와 같이 계산한다.

$$DC_{offset} = 10 \log_{10} \left( \frac{\left| \sum_{k=1}^M (R_k - Z_k) \right|^2}{\sum_{k=1}^M |R_k|^2} \right) \quad (9)$$

CDP 분석은  $Z_k$ 의 I/Q 성분에 대해,  $W^{32}$ 의 32개 채널 파워를 측정한다. I/Q 최대 비활성 채널 전력은 CDP의 분석 결과에서 채널 전력이 작아서 채널이 비활성상태라고 판단된 채널 중에서 전력이 가장 큰 채널의 전력이다.

## IV. 성능 평가

일반적으로 역방향링크의 신호 품질 측정은 단말기의 모델과 RF 특성을 측정하는 것이 주요 목표이기 때문에, 측정하고자하는 단말기와 측정 장비를 RF 케이블로 연결하여 측정을 한다. 본 논문에서는 제안된 알고리즘의 성능을 평가하기 위해, 단말기 대신에 신호 발생 장비에서 샘플링 오프셋, 주파수 오프셋 등을 가변하면서 신호를 발생시키고, 이 신호를 그림 1과 같은 PC 기반 플랫폼에 입력시킨 후 ADC

변환기의 출력을 PC에서 소프트웨어로 신호 품질을 측정하였다.

그림 3은 CDMA2000 1x 단말기에서 모든 채널을 사용하고, 샘플링 오프셋이 1KHz 존재하는 경우에 대해, 보간수  $N=16$ 으로 단말기 신호의 품질을 측정한 결과이다.

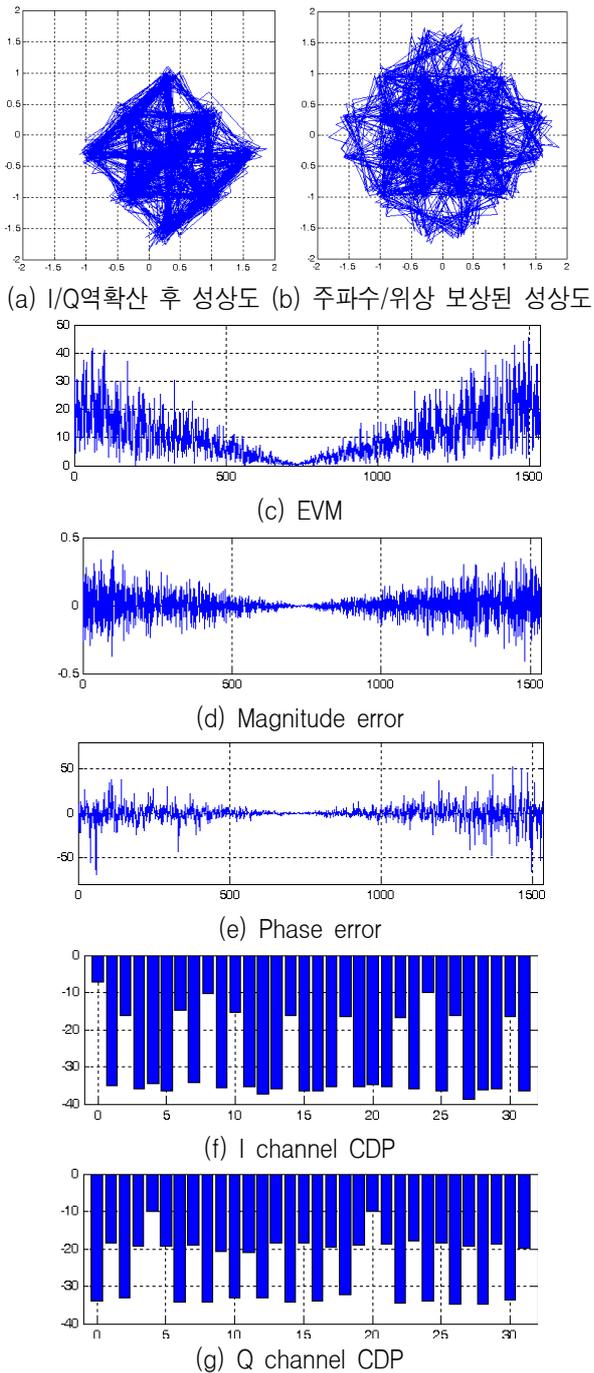


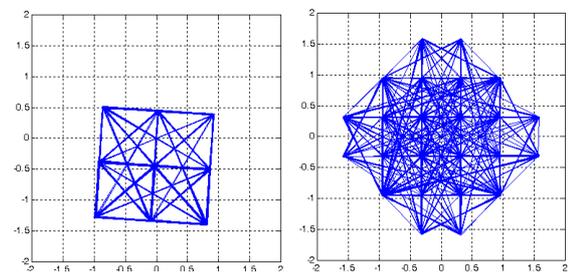
그림 3. 샘플링 오프셋이 1KHz일 때 측정 결과(RC3)  
Fig. 3. measurement results when 1KHz sampling offset exist(RC3)

그림 3(a)는 타이밍 동기된 수신 신호에 동기 획득된 I/Q PN sequence로 역확산한 후의 정상도이고, 그림 3(b)는 추정된 주파수와 위상 오프셋을 보상한 후의 정상도이다. 샘플링 오프셋의 존재로 인해 정상도에서 심볼 구분이 제대로 안 되고 있음을 확인할 수 있다. 그림 3(c) ~ (e)는 각각, EVM, 진폭에러, 위상에러이며, 샘플링 오프셋이 존재하고 있음을 확인할 수 있다. 그림 3(f), (g)는 I, Q channel CDP인데, 샘플링 주파수로 인해 active 채널과 inactive 채널 간의 전력차이가 크지 않음을 알 수 있다.

아래는 그림 3에 대해 측정된 파라미터 결과이다.  $\rho$ 값을 비롯하여 대부분의 측정 결과로부터 단말기 신호의 품질이 매우 나쁘다는 것을 알 수 있다.

|                              |                           |
|------------------------------|---------------------------|
| The number of Interpolation  | : 16                      |
| Waveform quality factor(rho) | : 0.9817030               |
| EVM                          | : 13.65% rms<br>45.47% pk |
| Magnitude Error              | : 9.53% rms               |
| Phase Error                  | : 8.98deg rms             |
| Frequency Offset             | : -1.1791 (Hz)            |
| I/Q origin offset            | : -58.38 (dBc)            |
| Channel power                |                           |
| PICH                         | : -7.05(dBc)              |
| DCCH                         | : -7.10(dBc)              |
| FCH                          | : -7.01(dBc)              |
| SCH 1                        | : -7.04(dBc)              |
| SCH 2                        | : -7.01(dBc)              |
| I max inactive channel power | : -34.31(dBc) at W32(7)   |
| Q max inactive channel power | : -32.35(dBc) at W32(18)  |

그림 4는 단말기의 송신 신호에 1KHz 주파수 오프셋이 존재할 때 신호의 품질을 측정한 결과이다. 보간수는  $N=16$ 으로 하였다. 주파수 오프셋만 존재할 때에는 EVM, 진폭에러, 위상에러가 크게 나타나지 않고 AWGN처럼 보이기 때문에 그림 4에는 정상도와 CDP만을 나타내었다.



(a) I/Q역확산 후 정상도 (b) 주파수/위상 보상된 정상도

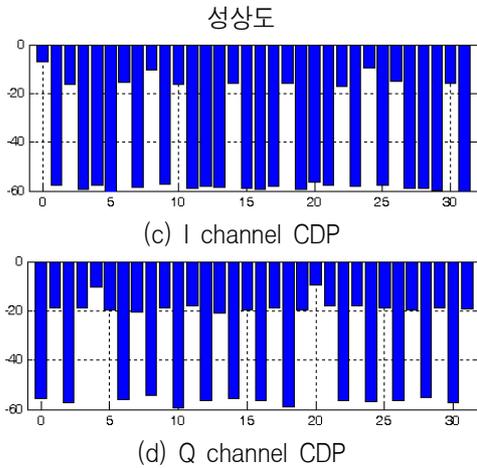


그림 4. 주파수 오프셋이 1KHz일 때 측정 결과(RC3)  
Fig. 4. measurement results when 1KHz frequency offset exist(RC3)

주파수와 위상 오프셋이 보상된 후에 정상도는 그림 4(b)와 같이 심볼 구분이 잘 되고 있음을 알 수 있다. 그림 4(c), (d)에서도 active 채널과 inactive 채널간의 전력차가 크게 나타남을 확인 할 수 있다. 아래는 그림 4에 대한 측정 파라미터 결과이다. 주파수 오프셋이 오차범위내로 잘 추정되고 있음을 볼 수 있다. 측정된 파라미터로부터 단말기 신호의 품질이 우수하다는 것을 알 수 있다.

|   |                 |
|---|-----------------|
| The number of Interpolation : 16                      |                 |
| Waveform quality factor(rho) : 0.9999024              |                 |
| EVM   | : 0.99% rms     |
|   | 2.84% pk        |
| Magnitude Error                                       | : 0.69% rms     |
| Phase Error   | : 0.57deg rms   |
| Frequency Offset                                      | : 999.1909 (Hz) |
| I/Q origin offset                                     | : -49.75 (dBc)  |
| Channel power   |                 |
| PICH  | : -6.99(dBc)    |
| DCCH  | : -6.99(dBc)    |
| FCH   | : -6.99(dBc)    |
| SCH 1   | : -6.99(dBc)    |
| SCH 2   | : -6.99(dBc)    |
| I max inactive channel power : -56.55(dBc) at W32(20) |                 |
| Q max inactive channel power : -54.47(dBc) at W32(8)  |                 |

표 3은 보간수에 따른 측정결과이다. 여기에서는 샘플링 오프셋과 주파수 오프셋이 없고, RC3의 모든 채널이 다 사용되는 경우에 대하여 측정을 하였다. 표 3에서 알 수 있듯이 보간수를 늘림으로 인해 좀 더 정확한 결과를 얻을 수 있지만, 소프트웨어의 처

리 시간이 늘어나게 되는 단점이 있다.

표 3. 보간수에 따른 측정 결과 비교(RC3)  
Table 3. comparison of measurement results according to interpolation number(RC3)

| 보간수(N)        | 16        | 32        | 64       |      |
|---------------|-----------|-----------|----------|------|
| Rho           | 0.9999213 | 0.9999612 | 0.999981 |      |
| EVM           | rms       | 0.90      | 0.64     | 0.46 |
|               | pk        | 2.36      | 2.02     | 1.27 |
| 진폭에러          | 0.64      | 0.45      | 0.31     |      |
| 위상에러          | 0.51      | 0.38      | 0.29     |      |
| 주파수 오프셋       | 0.43      | 0.375     | 0.399    |      |
| I/Q DC offset | -61.94    | -62.09    | -62.04   |      |

### V. 결 론

본 논문에서는 CDMA200 1x 역방향 링크의 신호 품질 측정 알고리즘을 제안하고 PC 기반 플랫폼에서 소프트웨어로 구현하였다. 실험결과로부터 전용 하드웨어를 갖춘 측정 장비와 유사한 성능을 보임을 확인했다. 보간수를 증가시킬수록 정확한 측정 결과를 얻을 수 있음을 확인하였다. 그러나, 보간수를 증가시키면 계산량이 증가하므로 구현된 소프트웨어가 동작할 플랫폼의 특성에 따라 적절히 선택해야 한다. PC 기반 플랫폼에서 소프트웨어로 구현함으로써, 저가의 경쟁력 있는 측정 장비를 구현할 수 있다.

### Reference

- [1] S. Kang, N. Kim, "Quality Measurement Algorithm for IS-95 Reverse-link Signal," *Journal of KAIS*, vol. 11, no. 9, pp. 3428-3434, 2010. 9.
- [2] Y. Jou, R. Attar, J. Ma, X. Zhang, "Performance Comparison of CDMA2000 1x and LTE for Voice Service," *Proceedings of WCNC 2010*, pp.1-5, 2010.
- [3] Physical Layer Standard for cdma2000 Spread Spectrum Systems, 3GPP2 C.S0002-C, July 2004.
- [4] S. Haykin, Adaptive Filter Theory, Prentice Hall, 4th ed., 2008.

- [5] S. Yeom, S. Lee, "PN Code Acquisition Technique using A Pre-Dump Correlation Energy in DS-SS Sytems," *Journal of IEK*, vol. 48, no. 6, pp. 22-27, 2011. 6.
- [6] U. Mengali and M. Morelli, "Data-Aided Frequency Estimation for Burst Digital Transmission," *IEEE Trans. on Communications*, vol. 45, no. 1, pp. 23-25, Jan. 1997.
- [7] J. Oh, J. Kim, "A Simple and Robust Carrier Frequency Recovery Scheme for DVB-S2 Systems," *Proceedings of 2010 IEEE 14th ISCE*, pp. 1-4, 2010.
- [8] Agilent AN1311, Understanding CDMA Measurements for Base Stations and Their Components, Agilent Technologies
- [9] Agilent AN1358, Designing and Testing cdma2000 Mobile Stations
- [10] Raymond A. Birgenheier, Overview of Code-Domain Power, Timing, and Phase Measurements, Hewlett-Packard Journal, pp.1-28, Feb. 1996
- [11] Recommended Minimum Performance Standards for cdma2000 Spread Spectrum Mobile Stations, 3GPP2 C.S0011-C, Feb. 2006.

### 강 성 진 (姜聲辰)



1992년 2월 : 연세대학교 전자공학과 (공학사)

1994년 8월 : 연세대학교 전자공학과 (공학석사)

1998년 8월 : 연세대학교 전자공학과 (공학박사)

1998년 12월 ~ 2000년 1월 : ETRI

무선방송기술연구소 선임연구원

2000년 3월 ~ 2002년 8월 : (주)이노텔리텍 기술이사

2002년 9월 ~ 2007년 2월 : 전자부품연구원 통신네트워크 연구센터 책임연구원

2007년 3월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 전기전자통신 공학부 부교수

관심분야 : WLAN, WPAN, Modem SoC