

논문 2007-44TC-6-5

# CDMA통신망에서 파일럿 채널전력 측정 및 분석에 관한 연구

## ( A Study on Measurement and Analysis of Pilot Channel Power at CDMA Communication Network )

정 기 혁\*, 나 극 환\*\*

( Ki Hyeok Jeong and Keuk Hwan Ra )

### 요 약

본 논문에서는 코드분할다중접속방식을 사용하는 이동통신 시스템에서 기지국의 순방향 송신전력 및 파일럿 전력 등 RF 파라미터를 실시간 또는 주기적으로 측정하여 분석함으로써 시스템의 장애를 미연에 방지하고 셀커버리지 확대, 가입자 수용 용량 증가 등 최적의 서비스 품질을 확보하고 투자효율을 극대화하기 위한 방안을 제시하였다. 순방향 전력 측정에서는 디텍터 내의 국부발진기 주파수를 가변함으로써 모든 채널의 송신출력을 측정할 수 있도록 하였다. 채널전력의 측정에 의하여 통화량 증가에 따른 송신출력의 변화를 관찰할 수 있으며, 순방향  $E_c/I_o$ 와의 비교를 통하여 파일럿 채널의 전력을 유추함으로써 대전력증폭기 등 송신부 모듈의 열화를 판독할 수 있도록 하였다. 일련의 모든 측정에는 CDMA 레벨디텍터에 의한 정밀 계측에 이은 정확한 분석이 이루어져야 하므로 변조방식 차이에서 오는 Crest factor 가 상이함으로써 인한 측정상의 오차를 극복할 수 있도록 설계하였다.

### Abstract

In this paper, a system for real-time or periodic measurement and analysis of RF parameters such as forward transmit power and pilot power in CDMA base station systems is proposed. Such RF characteristic parameter measurement can be prevented from system fault and used to achieve optimal service quality and maximum investment return through cell coverage expansion, subscriber capacity increase and so on. For forward power measurement, the local oscillator frequency for the detector is varied so that the transmit power for all channels can be measured. The channel power measurement can be used to analyze the variation in transmit power for changes in voice traffic. By comparing to forward  $E_c/I_o$ , the pilot channel power can be deducted, which can be used to determine any degradation in transmit section modules such as the high power amplifier. Since an accurate analysis of carefully measured data using the CDMA level detector must be made, the system is designed so that measurement errors due to changes in crest factor with modulation method can be overcome.

**Keywords :** Pilot power,  $E_c/I_o$ , CDMA, Crest factor, Detector

### I. 서 론

일반적으로 CDMA 방식은 TDMA 방식이나 FDMA 방식에 비하여 주파수 플랜이 단순하고, 매크로 다이버시티가 가능하며 가입자가 네트워크를 경유하여 인접한

셀(Cell)로의 천이가 자유로우며 통화품질이 우수한 장점을 가지고 있다. 그러나 오늘날 CDMA 및 WCDMA 등 디지털 이동통신은 전체 가입자의 증가, 특정 지역의 가입자 밀집 및 특정 시간대의 통화량 집중현상 등으로 인하여 초기 망 설계 당시의 예측치를 초과하는 트래픽이 집중되는 현상이 발생하고 있으므로 기지국의 성능을 최적의 상태로 유지하기 위한 노력이 절실히 요구되고 있다. 이동통신 네트워크에서 무선자원의 관리 는 무선인터페이스 자원의 이용효율을 향상시키고자 하는데 그 목적이 있으며, 더욱 구체적으로는 다양한 용

\* 정희원, 주식회사 엠티아이 연구소  
(R&D Group, MTI Co., Ltd)

\*\* 평생회원, 광운대학교 전자공학과  
(Department of Electronics Engineering,  
Kwangwoon University)

접수일자: 2007년3월11일, 수정완료일: 2007년6월3일

용을 위한 QoS(Quality of Service)를 보장하고 계획된 서비스 커버리지 영역을 유지함으로써 시스템의 용량을 최적화하고자 하는 궁극적인 목적을 가지고 있다.<sup>[1]</sup>

본 논문에서는 운용중인 기지국의 순방향 성능을 실시간적으로 측정하여 서비스의 장애에 능동적으로 대처하기 위한 순방향 출력 측정장치를 제작하였다. 기지국의 순방향 채널전력을 측정함으로써 통화량 변화에 따른 기지국 출력의 변화를 관측할 수 있도록 하였으며, 모델로부터 측정된 순방향 파일럿  $E_c/I_0$ 을 이용하여 순수한 파일럿 채널의 전력을 유추함으로써 기지국 송신 경로의 장애에 의한 파일럿 채널의 전력변화를 감시할 수 있도록 하였다. 측정값의 기준이 되는 전력레벨 측정에서는 변조방식 및 트래픽에 의한 Crest factor 차이로 인한 오차를 최소화하여 측정의 정밀도 향상을 도모하였다.

제작된 송신출력 측정장치의 성능 및 효용성을 검증하기 위하여 운용중인 기지국을 선정하여 현장 적용시험을 실시하였으며, 시험대상으로는 KTF의 도심기지국을 선정하였고 Primary 채널인 CH50을 시험채널로 선정하였다. 시험의 객관성을 확보하고 반복데이터에 의한 통계적 분석을 위하여 24시간 및 1개월에 걸쳐 장시간 시험을 실시하였다.

## II. CDMA시스템의 순방향 특성

### 1. 순방향 송신전력

CDMA 기지국의 순방향 출력은 전력제어에 의하여 1.25msec 단위로 빠르게 레벨변화가 발생하며 그림 1에서 보는 바와 같이 트래픽의 정도에 따라 최대치와 최소치의 폭은 최대 6dB에 이른다.<sup>[2]</sup> 따라서 기지국 출력

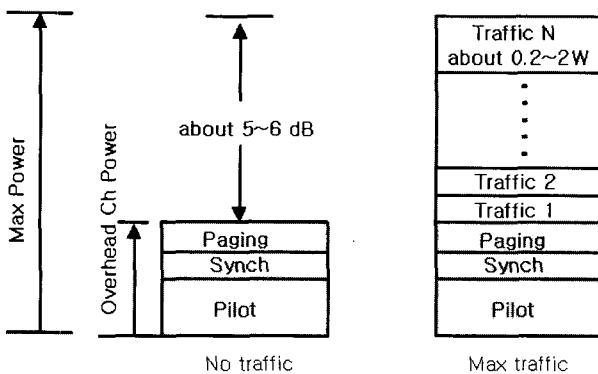


그림 1. CDMA 채널구조에 근거한 기지국 순방향 출력  
Fig. 1. BTS forward power based on CDMA channel structure.

은 실시간 적인 측정에서 정확히 측정하더라도 측정된 값이 정상보다 높은지 낮은지를 판단하는 것은 매우 어렵다. 이러한 문제점을 극복하기 위하여 통화량이 없는 새벽시간 등 최한시에만 출력레벨을 측정하거나 통화량에 무관하게 항상 균일한 레벨을 나타내는 파일럿채널 전력만을 분리하여 측정하는 기술이 요구된다.

CDMA 시스템에서 기지국의 순방향 전력이 변화하는 대표적인 원인으로는 통화량의 변동에 의한 출력변동, 음성활성화 상태에 따른 통화채널 별 출력변화 및 순방향 전력제어에 의한 각 통화채널 별 출력변화 등 3가지를 들 수 있다.<sup>[2]</sup>

그림 1의 CDMA 채널구조에서 보는 바와 같이 CDMA 시스템에서 순방향 신호는 파일럿, 싱크, 페이징 채널 등 오버헤드 채널과 트래픽 채널로 구성되어 있다. 기지국의 출력은 무통화시에는 오버헤드 채널의 출력으로만 이루어지며, 통화시에는 오버헤드 채널과 N개의 트래픽 채널의 출력으로 이루어진다. 트래픽 채널의 수는 해당 기지국이 담당하는 서비스 셀 내의 통화자 수에 따라 달라지므로 기지국의 총 출력은 통화량에 따라 빠른 속도로 변화하며, 이로 인하여 정확한 송신출력을 파악하기 어렵다. 이러한 문제점을 해결하고 기지국 송신출력 특성 및 송신부 각 블록의 이상유무를 정확히 판단하기 위해서는 동적 변수인 통화채널의 출력을 배제한 오버헤드 채널의 총 전력이나 파일럿 채널의 전력만을 측정하여야 한다. 그림 1에서 보는 바와 같이 CDMA 시스템의 순방향 전력은 오버헤드 채널과 N개의 트래픽 채널이 모두 합해진 총 전력으로서 이중 파일럿 전력이 차지하는 비율, 즉 파일럿  $E_c/I_0$ 를 곱함으로써 파일럿의 채널 전력을 구할 수 있다.

그림 2는 도심의 특정 기지국 신호를 이용하여 실측한 전체출력의 변화 및 시뮬레이션에 의하여 산출된 파

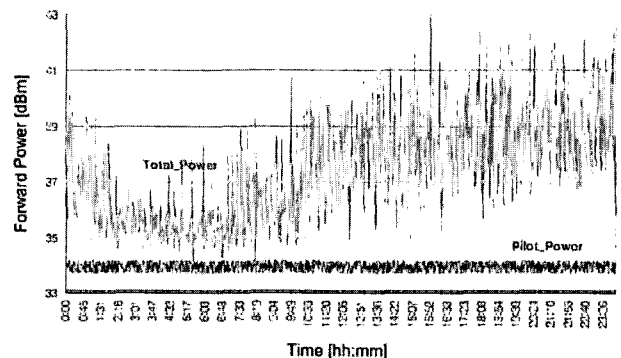


그림 2. 도심 기지국의 순방향 전력 및 파일럿 전력  
Fig. 2. Forward power and pilot power of urban BTS.

일롯 채널 전력의 관계를 나타내고 있다. 'In-traffic'에 의한 대전력 증폭기(HPA, High Power Amplifier)의 빠른 출력변화에도 항상 출력레벨이 일정한 파일롯 채널 전력만을 정확히 분리하여 측정함으로써 송신경로 이득의 변화여부를 파악하여야 한다.

2. 순방향 파일롯  $E_c/I_o$

CDMA 시스템에서 통신의 신뢰도를 보장하기 위해서는 순방향 트래픽채널 및 역방향 트래픽 채널과 함께 강한 파일롯 채널 전력이 전송되어야 한다. 그러나 여러 가입자가 동일한 주파수대역에서 신호를 송신해야 하는 CDMA 방식의 특성으로 인하여 임의의 가입자의 신호는 다른 가입자에게는 간섭으로 작용할 수 있다.<sup>[3]</sup> 파일롯 신호의 품질은 파일롯  $E_c/I_o$ 로 정의될 수 있으며, 이는 수신신호의 전력밀도에 대한 수신된 파일롯 채널의 칩에너지의 비로 정의된다.<sup>[4-6]</sup>

이동국의 모뎀에서  $E_c/I_o$ 를 계산하는 Searcher의 구조는 그림 3 과 같이 나타낼 수 있다.<sup>[7]</sup> 그림 3에서 QPSK 확산의 효과를 고려하기 위해 direct arm성분은  $\hat{\cdot}$ 로 표시하고 cross-arm성분은  $\tilde{\cdot}$ 로 표시하면 Direct arm 및 cross-arm은 식(1), 식(2), 식(3) 및 식(4)와 같이 표현된다.<sup>[8]</sup>

$$\hat{y}_n^{(I)} = \sqrt{E_c}[R(\tau)/2](\cos\Phi + a_n^{(Q)}a_n^{(I)}\sin\Phi) + \tilde{v}_n^{(I)} \quad (1)$$

$$\tilde{y}_n^{(I)} = \sqrt{E_c}[R(\tau)/2](\cos\Phi - a_n^{(I)}a_n^{(Q)}\sin\Phi) + \tilde{v}_n^{(I)} \quad (2)$$

$$\hat{y}_n^{(Q)} = \sqrt{E_c}[R(\tau)/2](\sin\Phi - a_n^{(Q)}a_n^{(I)}\cos\Phi) + \tilde{v}_n^{(Q)} \quad (3)$$

$$\hat{y}_n^{(I)} = \sqrt{E_c}[R(\tau)/2](\sin\Phi + a_n^{(I)}a_n^{(Q)}\cos\Phi) + \tilde{v}_n^{(Q)} \quad (4)$$

위 식에서  $v$ 는 시스템에서 배경잡음 등 잡음간섭 성분을 나타낸다. I채널 및 Q채널에서 각각 더해진 arm 성분의 결과로부터 식(5) 및 식(6)을 얻을 수 있다.

$$y_n^{(I)} = \hat{y}_n^{(I)} + \tilde{y}_n^{(I)} = \sqrt{E_c}\cos\Phi + v_n^{(I)} \quad (5)$$

$$y_n^{(Q)} = \hat{y}_n^{(Q)} + \tilde{y}_n^{(Q)} = \sqrt{E_c}\sin\Phi + v_n^{(Q)} \quad (6)$$

위의 식에서 잡음이 없는 경우는 다시 식(7) 및 식(8)과 같이 나타낼 수 있다.

$$y_n^{(I)} = \hat{y}_n^{(I)} + \tilde{y}_n^{(I)} = \sqrt{E_c}\cos\Phi \quad (7)$$

$$y_n^{(Q)} = \hat{y}_n^{(Q)} + \tilde{y}_n^{(Q)} = \sqrt{E_c}\sin\Phi \quad (8)$$

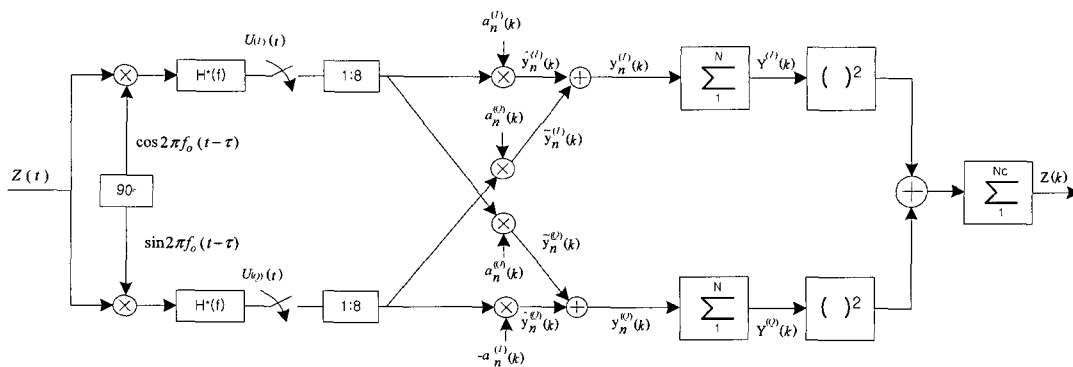
I채널 및 Q채널 arm의 출력은 Un-modulated 구간인 N chips동안 accumulation (Correlation)되고, 서치의 이득 G는 식(9) 및 (10)과 같이 표현된다.

$$E[Y^{(I)}] = NG\sqrt{E_c}R(\tau)\cos\Phi \quad (9)$$

$$E[Y^{(Q)}] = NG\sqrt{E_c}R(\tau)\sin\Phi \quad (10)$$

식(9) 및 식(10)에서 위상오차 (Phase Error)가 없는 경우 그림 3에 대한 최종결과는 식(11)과 같이 표현된다.

$$Z = N_c[Y^{(I)}]^2 + [Y^{(Q)}]^2 = N_cG^2N^2E_cR^2(\tau) \quad (11)$$



$$Z(t) = \sqrt{E_c}(k)x_n(k)h(t - nT_c) \cdot [ a_n^{(I)}(k) \cos(2\pi f_o t + \phi_k) + a_n^{(Q)}(k) \sin(2\pi f_o t + \phi_k) ]$$

그림 3. 퀄컴 모뎀 ASIC 복조기의 블록도

Fig. 3. Demodulator block diagram of Qualcomm modem ASIC.

여기서,  $N_c$ 는 Non-coherent integration 횟수를 나타낸다.

현재 CDMA시스템에서 가장 많이 사용되고 있는 Qualcomm사의 MSM계열 모뎀은 I채널 및 Q채널 각각 4bits씩 샘플링된 데이터를 이용하여 역확산을 수행하며, 디지털변환기(ADC, Analog to Digital Converter)의 입력은 그 크기가  $\pm 3$ 이 되도록 자동이득제어(AGC, Automatic Gain Control) 기능이 수행된다.<sup>[9]</sup> 이동국에서 서치(Searcher)의  $E_c/I_0$ 의 정확한 계산을 유도하기 위해서는 몇 가지 가설이 필요하며, 이들을 열거하면 첫째, AGC에 의해 수신신호가 디지털레벨  $\pm 3$ 으로 유지되며, 둘째  $U_I(t)$ 와  $U_Q(t)$ 에 잡음 및 위상오차가 존재하지 않으며, 셋째 Searcher구조에서 서치이득  $G=1/32$ 이며, 넷째 COMO PN Scanner에서 Non-coherent Combine은 그 횟수에 따라 Normalization되므로 어떠한 경우든  $N_c = 1$ 로 계산되며, 다섯째 Correlation Length는 항상 512Chips를 이용한다는 것이다.

순수한 파일럿 신호만 존재한다고 가정하면, 상관결과 값인  $E_c/I_0$ 가 무한대가 되며 이 값이 노이즈 및 다른 채널이 존재할 경우의 기준 값이 된다. 그림 3에서 I채널 ADC의 출력  $U_I(nt)$ 는 Local PN과 곱해져  $\pm 3$ 이 되며, 이것이  $2/32$ 의 서치 이득 ( $G$ )로 곱해진 후 Accumulator에서 512개( $N$ , Correlation Length)의 샘플들이 더해진다. 이때 식(1)에서 위상오차  $\phi = 0$ 이고 잡음이 없는 경우를 고려하면 AGC에 의한  $U_I(nt)$ 는 다음 식(12)와 같이 표현된다.

$$|U_I(nt)| = \frac{1}{2} \sqrt{E_c} = 3 \tag{12}$$

따라서, 식(12)로부터  $E_c = 36$ 의 결과를 얻을 수 있다. 또한 Non-coherent integration 횟수인  $N_c$ 가 1이므로 식(11)에 적용하면 식(13)과 같은 결과를 얻을 수 있다.

$$Z = N_c \{ [Y^{(I)}]^2 + [Y^{(Q)}]^2 \} = N_c G^2 N^2 E_c R^2(\tau) \tag{13}$$

상기 식(13)으로부터  $Z = 36864$ 의 결과를 얻을 수 있는데, 이 값은 잡음이 전혀 없는 상태에서 계산된 것이므로  $E_c/I_0$ 가 무한대 ( $\infty$ )가 되는 기준값이 되는 동시에 계산 가능한  $E_c/I_0$  값 중 최대치에 해당한다. 만일 서치 에너지가  $Z$ 의  $1/2$ 인 18432라면 그 나머지는 잡음에 의한 에너지라고 간주할 수 있으며, 이 때의

$E_c/I_0$  값은 0dB에 해당하게 되어 이 값이 0dB의 기준 값이 된다. 따라서 -10dB에 해당하는 값은 1843.2가 되고 -20dB에 해당하는 값은 184.32가 된다.

이러한 결과를 바탕으로 이동국 서치의  $E_c/I_0$ 는 다음과 같이 유도할 수 있다. 먼저  $E_c/I_0$ 가 0dB가 되는 기준 에너지 값인 18432를 식(13)에 적용하면 다음과 같다.

$$Z = 18432 = \frac{N_c G^2 N^2 E_c R^2(\tau)}{2} \tag{14}$$

식(14)에서 서치이득  $G$ 를 Pregain/32의 변수로 적용하여 다시 정리하면

$$Z = 18432 = \frac{36 \times N_c \times \text{Pregain}^2 \times N^2}{2 \times 32^2} \tag{15}$$

이 된다. 따라서 식 (15)에서 상수에 해당하는 부분을 dB로 표현하면 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

$$10 \log \left( \frac{36}{2 \times 32^2} \right) = -17.55 [dB]$$

결국 상기 계산 결과를 이용하여 이동국 서치의  $E_c/I_0$ 를 계산하면 식 (16)과 같은 결과를 도출할 수 있다.

$$E_c/I_0 (dB) = 10 \log(E_c) - \{ 20 \log(G \times N) + 10 \log(N_c) - 17.55 \} \tag{16}$$

### 3. 통화량 변동에 따른 $E_c/I_0$ 의 변화

CDMA 이동통신 시스템에서는 통화량에 따라 순방향  $E_c/I_0$ 가 변화하며, 파일럿  $E_c/I_0$ 는 각 기지국에 의해 할당된 각 채널 전력으로부터 식(17)과 같이 계산할 수 있다.

$$\frac{E_c}{I_0} = \frac{a_0 P_0(\theta_0) L(\theta_0, d_0) G}{I_b + I_n + I_w + I_m + I_l + N} \tag{17}$$

여기서, 각 파라미터의 정의는 다음과 같다.

$I_b = P_0(\theta_0) L_0(\theta_0, d_0) G$  : 셀 내 오버헤드 파워

$I_n$  : CDMA 이외의 신호

$I_w = G \sum_{k=1}^K P_k(\theta_k) L_k(\theta_k, d_k)$  : 인접셀의 오버헤드 파워

$K$  : 기지국 총 수

$$I_m = GL_0(\theta_0, d_0) \sum_{j=1}^J T_j(\theta_0) : \text{토탈 트래픽 채널}$$

$T_j(\theta_0)$  : 이동국 j의 트래픽 ERP

$$I_i = G \sum_{k=1}^K X_k(\theta_k) L_k(\theta_k, d_k) : \text{인접셀의 트래픽 파워}$$

$N$  : 열잡음 전력

$P_0(\theta_0)$  : 셀 내 오버헤드 ERP

$a_0$  : 오버헤드 ERP의 파일럿 파워 비

$L_0(\theta_0, d_0)$  : 경로 손실

IS-95 및 TIA/EIA-97-C 규격에 따르면 각각의 오버헤드 채널의 전력비를 표 1과 같이 정의하고 있다.<sup>[10,11]</sup>

음성 트래픽에 의한  $E_c/I_0$ 의 변화는 그림 4 및 그림 5와 같이 나타낼 수 있다. 그림 4는 파일럿 전력의 비가 15% 일 때의 음성트래픽 증가에 따른  $E_c/I_0$ 의 변화를 나타내며, 그림 5는 파일럿 전력의 비가 20% 일 때의 트래픽 증가에 따른  $E_c/I_0$  변화를 보여주고 있다. 그림 4에서 보는 바와 같이 순방향 무통화시 즉, 통화량이 없는 경우의 순수한 파일럿  $E_c/I_0$ 는 약 -1dB이며, 이것은 파일럿, 싱크, 페이징 채널 등 오버헤드 채널의 디지털 이득의 설정에 따라 달라질 수 있다.

파일럿 전력에 의한  $E_c/I_0$ 의 열화는 약 1dB에 불과하

표 1. 오버헤드 전력 비율  
Table 1. Overhead power ratio.

	IS-95		TIA/EIA-97-C	
Pilot	-8.25 dB	15 %	-7 dB	20 %
Sync	-18.25 dB	1.5 %	-18 dB	1.6 %
Paging	-9.25 dB	11.9 %	-8 dB	16 %

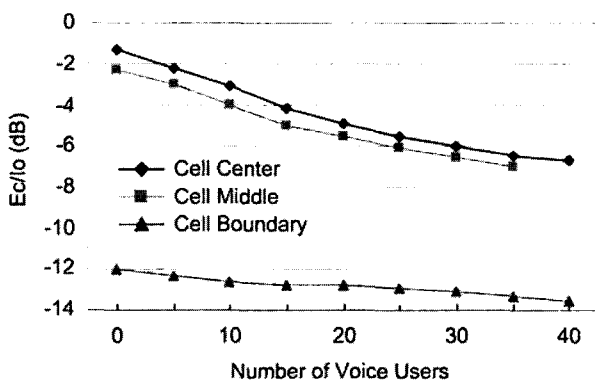


그림 4. 파일럿 전력비가 15%일 때의 음성 트래픽 증가에 따른  $E_c/I_0$  변화  
Fig. 4. Voice traffic increase vs.  $E_c/I_0$  variation at 15% pilot power ratio.

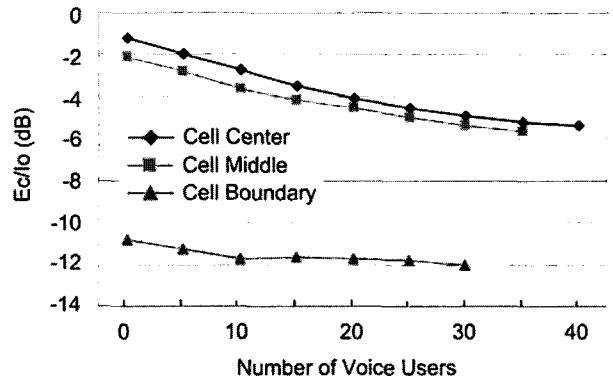


그림 5. 파일럿 전력비가 20%일 때의 음성 트래픽 증가에 따른  $E_c/I_0$  변화  
Fig. 5. Voice traffic increase vs.  $E_c/I_0$  variation at 20% pilot power ratio.

며, 파일럿 전력에 의한  $E_c/I_0$ 의 변화는 음성트래픽이나 가입자의 위치에 의한 것보다 작다. 가입자의 지리적 위치는  $E_c/I_0$ 가 열화되는 주된 요인이며, 트래픽에 의한 부하 또한  $E_c/I_0$ 를 열화시키는 주된 요인이다. 최번시 (busy hour)에 측정된  $E_c/I_0$ 는 평균적으로 다른 시간대에 측정된  $E_c/I_0$ 에 비하여 2~3dB 가량 낮으며, 낮은 파일럿전력에 의한  $E_c/I_0$ 의 열화는 Channel estimation을 감소시킬 뿐만 아니라 서비스 커버리지를 축소시키는 원인이 된다<sup>[12]</sup>.

### III. 측정장치 제작

본 연구에서는 연구의 최종 목표를 달성하기 위하여 기지국의 순방향 특성을 관찰할 수 있는 측정 장치를 설계 및 제작하여 연구의 완성도 향상을 꾀하였다.

그림 6은 본 논문에서 구현한 기지국 순방향 무선품

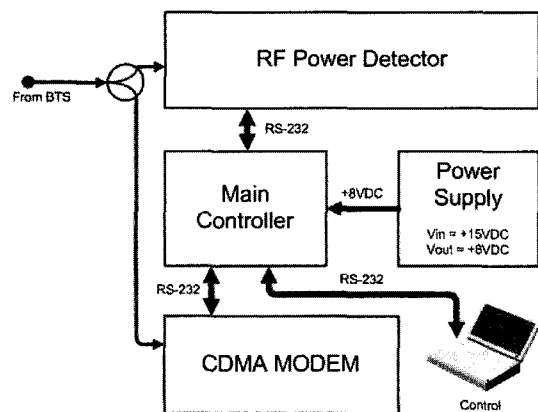


그림 6. 측정 장치의 기능블록도  
Fig. 6. Functional block diagram of test equipment.

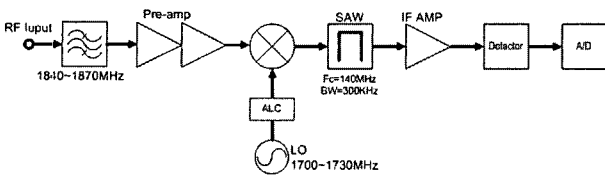
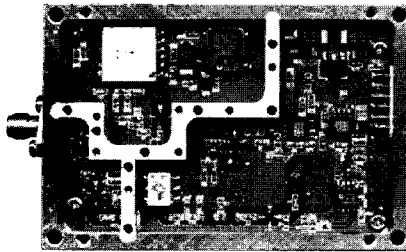
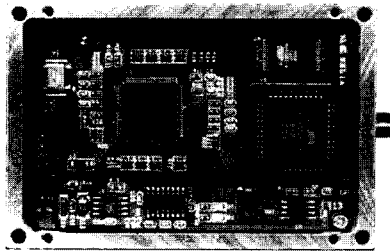


그림 7. RF power detector의 블록도  
Fig. 7. Blockdiagram of RF power detector.



(a) RF part



(b) Digital part

그림 8. RF power detector의 실물사진  
Fig. 8. Picture of RF power detector.

질 측정 장치의 기능 블록도를 나타내고 있으며 각 블록에 대한 간단한 설명은 다음과 같다. 그림 6에서 보는 바와 같이 장치는 기지국의 순방향 출력을 측정하기 위한 CDMA 레벨디텍터와 순방향  $E_c/I_o$ 를 추출하기 위한 CDMA 모뎀 및 이들을 제어하기 위한 메인프로세서 등으로 구성된다. 메인 프로세서는 RS-232 신호를 이용하여 각 모듈을 제어하도록 하였으며, 8비트 CPU를 이용하여 각종 측정명령의 수행, 연산 및 데이터의 분석이 가능하도록 구성하였다. 메인 프로세서와 RS-232로 연결된 PC를 통하여 하이퍼터미널을 이용한 명령에 의하여 모든 측정이 수행되도록 설계하였으며, CPU에 의하여 연산 처리된 측정결과는 실시간 측정에 의한 데이터 수집 기능을 수행하여 주기적인 데이터를 축적함으로써 시간 경과에 따른 변화를 분석할 수 있도록 하였다.

기지국 전치부의 방향성 결합기로부터 입력된 신호는 전력분배기를 거쳐 레벨디텍터로 입력된다. 기지국의 순방향 신호는 여러 채널을 포함하고 있으므로 특정 채널의 신호만을 선별하여 그 세기를 측정하여야 한다.

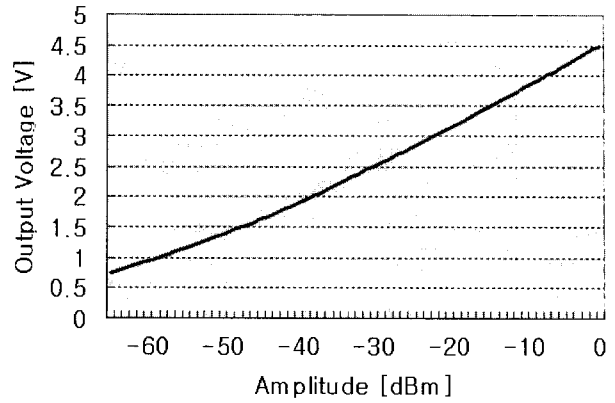


그림 9. 입력신호세기에 따른 출력전압  
Fig. 9. Output voltage vs. input amplitude.

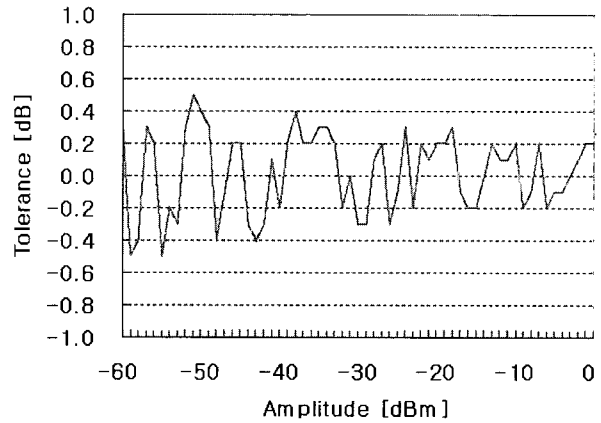


그림 10. 입력신호세기에 따른 측정편차  
Fig. 10. Measurement tolerance vs. input signal amplitude.

이를 위하여 140MHz 중간주파수로 변환하여 300kHz 대역의 SAW필터를 거침으로서 인접채널의 영향을 받지 않고 특정채널의 전력을 검출하도록 하였으며, 검출된 신호레벨은 300kHz 대역 내 전력을 CDMA신호의 1개 채널대역인 1.23MHz 대역의 채널전력으로 근사하였다. 디텍터를 구성하는 방법으로는 디텍터 다이오드를 이용하여 입력레벨에 따른 전압의 변화량을 이용하는 방법과 MMIC 형태의 디텍터 칩을 사용하는 방법으로 구분될 수 있는데 검출레벨의 정밀도 향상과 선형성 확보를 위하여 후자의 방법을 택하였으며, Analog Device사의 True RMS 타입 디텍터 칩인 AD8362를 사용하여 변조방식에 따른 Crest Factor의 차이에서 발생할 수 있는 측정값의 오차를 최소화 하도록 하였다. 그림 7 및 그림 8은 각각 본 연구에서 구현한 디텍터 모듈의 블록도 및 실물사진이다.

제작된 디텍터는 운용대역인 PCS대역에서 60dB이상의 동작영역을 갖고 약 4V 구간에서 선형적인 특성을

나타내었으며, 측정 결과의 오차범위는  $\pm 0.5\text{dB}$  이었다. 그림 9는 본 논문에서 제작한 레벨디텍터의 입력신호에 대한 출력 전압의 관계를 나타내며, 그림 10은 입력전력에 대한 측정값의 정밀도를 나타낸다.

디텍터에 의하여 측정된 순방향 출력은 해당 채널의 총출력이므로 이 중 파일럿 채널의 전력만을 추출하기 위해서는  $E_c/I_0$ 의 측정이 필수적이다. 본 논문에서는 순방향  $E_c/I_0$ 를 측정하기 위하여 CDMA 모델을 적용하였으며, 메인프로세서와의 RS-232 통신에 의하여 AT명령을 전송함으로써 코드도메인 분석모듈 등 부가적인 장치를 사용하지 않고 간단히 모델로부터 순방향  $E_c/I_0$ 를 추출할 수 있도록 하였다.

메인 프로세서는 RS-232 신호를 이용하여 디텍터와 CDMA 모델을 각각 제어하도록 하였으며, 8비트 CPU를 이용하여 각종 측정명령의 수행, 연산 및 데이터의 분석이 가능하도록 구성하였다. 메인 프로세서와 RS-232로 연결된 PC를 통하여 하이퍼터미널을 이용한 명령에 의하여 모든 측정이 수행되도록 설계하였으며, CPU에 의하여 연산 처리된 각 측정결과는 실시간 측정에 의한 데이터 수집 기능을 수행하여 주기적인 데이터를 축적함으로써 시간 경과에 따른 변화를 분석할 수 있도록 하였다.

#### IV. 실험 및 고찰

그림 11과 같이 기지국의 순방향 커플링 포트에 제작된 측정장치를 연결하고 장시간에 걸친 순방향 출력의 변화를 관찰하였다. 측정항목으로는 기지국의 순방향

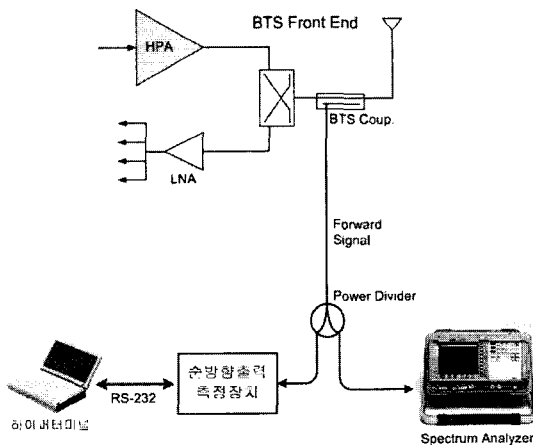


그림 11. 순방향 출력 측정 구성도  
Fig. 11. Test configuration of BTS transmit power.

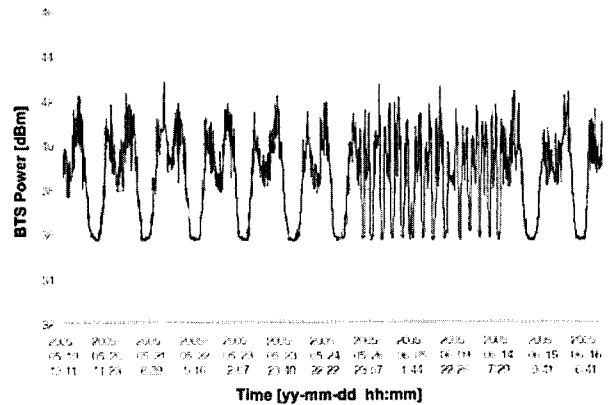


그림 12. 1개월간의 기지국 순방향 출력 변화  
Fig. 12. BTS forward output power variation during 1 month.

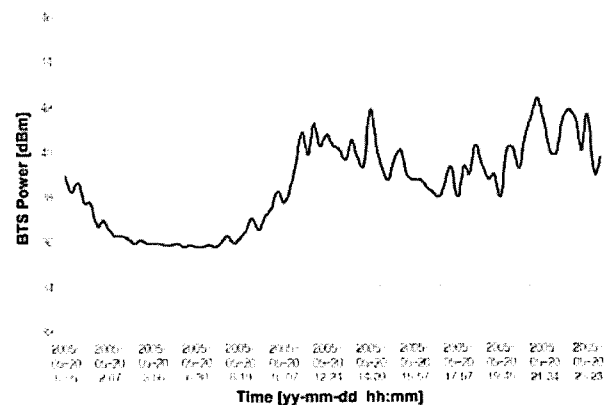


그림 13. 24시간에 걸친 기지국 순방향 출력 변화  
Fig. 13. BTS forward output power variation during 24hours.

전력과 함께 모델로부터 파일럿  $E_c/I_0$ 가 동시에 기록되도록 하여 측정 시점에서의 트래픽의 영향을 배제하여 파일럿 채널전력을 추출하도록 하였다. 측정에 사용된 FA(채널)는 KTF의 1X Primary 채널인 CH50 (FA2) 을 이용하였다.

그림 12는 약 1개월간에 걸친 기지국 순방향 출력 측정 결과이다. 실험결과에서 보는 바와 같이 시간대에 따른 통화량 변화에 의해 최한시와 최번시가 반복되고 있으며 최대 약 6dB의 레벨변화를 보이고 있음을 알 수 있다. 이러한 현상을 더욱 자세하게 관찰하기 위하여 임의의 24시간에 대한 측정데이터를 별도의 그래프에 도시하였으며, 그 결과를 그림 13에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 02:00~06:00 사이의 새벽시간대에 최소의 전력을 나타내며, 오후 및 심야시간대의 기지국 출력이 최대가 됨을 알 수 있다.

순방향  $E_c/I_0$ 는 통화량에 따라 실시간 적으로 변화

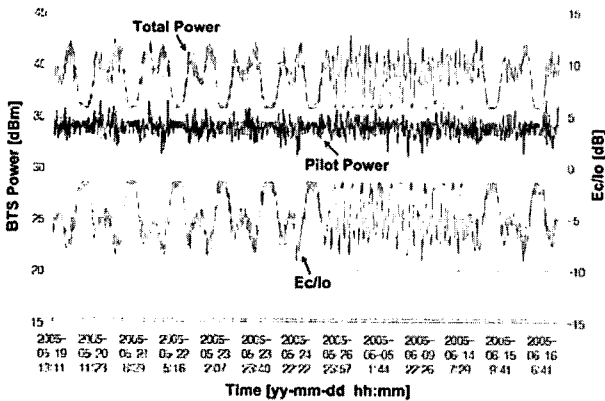


그림 14. 1개월간의 기지국 순방향 파일럿 전력 변화  
Fig. 14. BTS forward pilot power variation during 1 month.

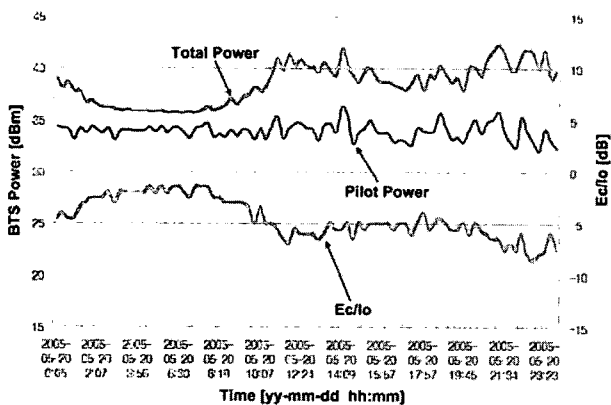


그림 15. 24시간에 걸친 기지국 순방향 파일럿 전력 변화  
Fig. 15. BTS forward pilot power variation during 24 hours.

하며, 내장된 모뎀으로부터 수신한 순방향  $E_c/I_o$ 를 근거로 측정된 송신출력으로부터 파일럿 채널의 전력을 유추할 수 있다. 그림 14 및 그림 15는 각각 1개월간의 파일럿 전력 변화와 24시간 동안의 파일럿 전력 변화량을 나타내고 있다. 1개월간의 데이터를 분석해보면 통화량의 변화에 따라 채널전력의 변화는 최대 6dB의 변화를 보이고 있는 반면에 파일럿 채널의 전력은 거의 일정한 결과를 보이고 있다. 이러한 결과를 더욱 자세하게 분석하기 위하여 임의의 24시간에 대한 출력변화를 그림 15에 나타내었으며, 최한시 및 최번시의 출력 변화에 대해서 일정한 파일럿 전력의 변화를 보이고 있음을 알 수 있다. 이러한 파일럿 채널의 전력변화는 기지국의 순방향 경로에서 이상이 없음을 의미하며, 만일 채널카드, 상향변환기, 대전력증폭기 등 순방향경로 중 어느 한 부분이라도 이상이 발생할 경우 균일하지 못한 출력변화를 나타낼 것으로 판단된다.

### V. 결 론

본 논문에서는 운용중인 기지국의 순방향 출력 및 파일럿 전력의 실시간적인 측정 및 분석을 통한 셀 커버리지 및 QoS (Quality of Service)의 최적화 방안을 제시하였다. 본 논문에서 제작한 순방향 출력 측정장치를 운용중인 기지국에 적용하여 장시간에 걸쳐 관찰한 결과 효과적인 분석결과를 얻을 수 있었다.

### 참 고 문 헌

- [1] A. Scrase, "An introduction to 3rd generation mobile systems," Tutorial, the third international conference on mobile communication technologies, 3G2002, London, UK, March 2002.
- [2] 이상근, 방효창, "IMT-2000/CDMA 기술", 도서출판 세화, pp.120-139, 2001.
- [3] Jin Yang, William C. Y. Lee, "Design aspects and system evaluations of IS-95 based CDMA systems," IEEE 6th International Conference on Volume 2, pp.381-385, 12-16 Oct. 1997.
- [4] M. Subramaniam and A. Anpalagan, "A pilot power based power control (PPBPC) and base station assignment algorithm in cellular CDMA networks," Electrical and Computer Engineering, Canadian Conference on Volume 1, pp.327-332, 2-5 May 2004.
- [5] M. Shabany and K. Navaie, "Joint pilot power adjustment and base station assignment for data traffic in cellular CDMA networks," Advances in Wired and Wireless Communication, 2004 IEEE/Sarnoff Symposium, pp.179-183, 26-27 Apr 2004.
- [6] Gerald Labetz, Robert Love, Kenneth Stewart, Barry Menich, "Predict real world performance for key parameters in a CDMA cellular system," Proceedings of 46th IEEE VTC, pp. 1472, 1996.
- [7] 정기혁, 홍동호, 홍완표, 나극환, "CDMA통신망의 하드핸드오프 지원을 위한 적응형 파일럿 비콘에 관한 연구", 한국통신학회논문지, 제30권 제10A호, pp.922-929, Oct. 2005.
- [8] Andrew J. Viterbi, "Principles of spread spectrum communication," Addison Wesley, pp.39-47, 1995.
- [9] "CSM5000TM forward-link power settings," QUALCOMM Incorporated, August 14, 2000.
- [10] TIA/EIA-97-C, "Recommended minimum performance standards for base stations supporting dual-mode spread spectrum mobile stations," Nov. 1998.



[11] TIA/EIA/CDMA2000 1x, "Physical layer standard for CDMA2000 1x standards for spread spectrum systems," June, 2000.

[12] Shin, S. Kyung-soo Jeong, Kwang-baek Yeom, Chan-koo Kang, Jong-tae Ihm and Dongwoo Kim, "CDMA2000 1X performance comparison with pilot power ratio," Broadband Communications 2002. Access, Transmission, Networking. 2002 International Zurich Seminar, pp.52-1~52-6,19-21 Feb. 2002.

저 자 소 개



정 기 혁(정회원)  
 1990년 광운대학교 전자공학과 학사 졸업.  
 1992년 광운대학교 전자공학과 석사 졸업.  
 2006년 광운대학교 전자공학과 박사 졸업.  
 1992년~1997년 대우전자(주) 영상연구소 근무  
 1997년~2001년 (주)한화/정보통신 무선연구단 근무  
 2002년~현재 (주)엠티아이 연구소 근무  
 <주관심분야 : 이동 및 위성통신, 휴대인터넷>



나 극 환(평생회원)  
 1973년 연세대학교 전자공학과 학사 졸업.  
 1977년 연세대학교 전자공학과 석사 졸업.  
 1981년 프랑스 ENSEEIHT국립 종합공과대학 전자공학과 박사 졸업.  
 1981년~현재 광운대학교 전자공학과 교수  
 2006년~현재 광운대학교 전자정보대학 학장  
 <주관심분야 : 마이크로파 공학, 이동 및 위성통신, 레이더>