

논문 2007-44TC-8-2

CDMA 기지국에서 Pilot E_c/I_o 보상기법을 이용한 수신감도 측정에 관한 연구

(A Study on Receiver Sensitivity Measurement using Pilot E_c/I_o
Compensation Method at CDMA Communication Network)

정 기 혁*, 나 극 환**

(Ki Hyeok Jeong and Keuk Hwan Ra)

요 약

운용중인 기지국에서 각종 RF 파라미터의 측정은 매우 제한적으로 이루어지고 있으며, 일부 수행되고 있는 측정에서 조차 비교적 측정이 용이한 순방향 항목에 집중되고 있다. 본 논문에서는 기지국에 설치된 순방향 모니터링 포트를 이용하여 기지국의 역방향의 무선 품질을 측정이 가능한 측정장치를 설계하여 실제 운용 중인 기지국에서 검증시험을 실시함으로써 연구의 완성도 향상을 꾀하였다. 수신감도의 측정은 내장된 CDMA 모뎀을 이용하여 기지국과 음성호가 연결된 상태에서 페루프 전력 제어에 의한 모뎀의 출력을 감시함으로써 이루어질 수 있도록 하였다. 보다 정확한 계측을 위하여 모뎀의 TxAdj 파라미터와 함께 디텍터에 의한 실측 데이터를 이용하였다. 정확한 수신감도의 측정을 위해서는 트래픽이 없는 상황에서 측정이 이루어져야 하지만, 운용중인 시스템에서는 상황재현이 어려우므로 통화량 증가에 의한 수신감도의 열화정도를 보상함으로써 시간에 구애받지 않고 정확한 측정값을 얻을 수 있도록 E_c/I_o 에 의한 보상기법을 적용하였다.

Abstract

Currently, the measurement of RF parameters for a base station in operation is typically limited to easily measured forward path items. In this paper, the forward monitoring ports of base stations are used to measure the reverse RF performance. The system has been implemented and effectiveness has been proven on an operating base station. The receiver sensitivity is measured using an internal CDMA modem which is used to monitor the output power based on closed loop power control when the modem is connected to the base station via a voice call. In order to improve accuracy, in addition to the modem Tx adjust(TxAdj) parameter, the detector's actual measurement is used. For accurate receiver sensitivity, the measurement should be made when there is no traffic which is not possible on an operating base station. Therefore, pilot channel chip energy to received signal power spectral density ratio(E_c/I_o) compensation method is used to offset the receiver sensitivity degradation with voice traffic increase.

Keywords : Receiver sensitivity, E_c/I_o , CDMA modem, Pilot Power

* 정희원, (주)엠티아이
(MTI Co., Ltd)

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

※ 이 논문은 서울시 산학연 지원사업 및 2007년도 광운대학교 교내 학술연구비 지원에 의해 연구되었음

※ 본 연구는 과학기술부 및 한국과학재단의 지원을 받아 2007년도 원자력연구개발사업을 통해 수행되었음

접수일자: 2007년2월24일, 수정완료일: 2007년7월30일

I. 서 론

현재 운용되고 있는 대부분의 기지국은 자체적으로 기지국의 무선품질을 측정할 수 있는 별도의 장치를 구비하고 있으나, 그 기능을 살펴보면 송신출력, 수신전력 등 단순 RF 항목 및 호응답 시험 등 비 RF 항목에 그치고 있다. 더욱이 피코 기지국 등 소형기지국이나 지하철 기지국 등 특수 용도의 기지국의 경우 무선품질

질을 감시할 수 있는 장치가 적용되지 않고 있을 뿐 아니라, 일반 기지국 중 일부 국소의 경우 투자비용 상승을 이유로 해당 블록을 구비하지 않은 채 운용하는 사례도 있는 것으로 조사되고 있다. 또한 일상적인 점검 절차에 따른 측정에서도 송신출력 스펙트럼, 코드도 메인 분석 등 기지국의 출력 측, 순방향 특성만을 측정하고 관리하는 데 그치고 있을 뿐, 역방향 특성의 측정 및 분석을 위한 장치나 노력은 극히 미미한 실정이다. 이러한 현상은 역방향 무선 품질 측정이 순방향 특성에 비하여 매우 어렵고 그 절차가 복잡할 뿐 아니라 그 중요성을 인식하지 못한 데서 기인하고 있다.

그러나 통화 중 호가 단절되는 원인을 분석해 보면 호 단절 원인의 약 90% 이상이 프레임 에러에 기인한 것이며, 그 중의 60%가 역방향 프레임 에러에 의한 것으로 분석될 만큼 역방향의 RF 품질은 이동통신 서비스 품질에 있어서 중요한 척도가 되고 있다. 특히 역방향 수신감도 또는 역방향 다이버시티 특성의 열화는 건물 내 (In-building) 가입자들의 불만을 야기하는 주된 요인으로 대두되고 있다.^[1,2] 또한 음영지역 해소 및 커버리지의 확대를 목적으로 사용되는 각종 중계장치 또는 외부 잡음원에 의하여 기지국의 역방향 잡음이나 간섭성분이 증가하게 되어 수신감도의 열화를 초래하기도 하는데 수신감도의 열화는 곧바로 셀 커버리지와 가입자 수용용량의 축소로 이어질 수 있다는 점에서 반드시 지속적인 관리가 이루어져야 한다.^[3] 이와 같이 동일 채널에서의 트래픽의 증가는 역방향 수신감도의 열화를 가져올 뿐 아니라 전력제어에 의한 순방향 채널전력의 상승으로 이어져 대전력 증폭기의 한계영역에까지 이르게 되므로 기지국의 수명을 단축시키는 원인으로 작용하게 된다. 또한 기지국의 송신 및 수신경로 상의 특정 모듈 또는 블록의 고장이나 오동작으로 인하여 무선 품질이 저하되는 경우에 대하여 살펴보면, 순방향의 경우 언제나 손쉽게 신호의 형태를 측정 및 관찰할 수 있으므로 대부분의 경우 일상적인 점검에 의해서도 그 이상 유무를 판단하여 즉각적인 대처가 가능하지만, 역방향 특성의 경우 주기적인 유지 관리가 이루어지지 않음으로 인하여 최적의 운용 상태를 유지하기 어려우며, 특히 메인경로와 다이버시티 경로 중 어느 한 경로에 장애가 발생한 경우 통상의 통화성능에는 영향을 주지 않으면서 커버리지나 용량의 축소로 이어지기 때문에 시스템의 장애를 인지하지 못하는 경우가 발생할 수 있다. 이러한 현상은 실제로 운용되고 있는 기지국 중 상당수에서 다이버시티 기능을 상실한

채 운용되고 있는 것으로 반증될 수 있는 것으로서, 운용상 반드시 점검하여야 할 주요 항목 중의 하나이다.

본 논문에서 제안하는 수신감도 측정방법은 한 개의 MIN(Mobile Identification Number) 을 이용하여 모든 채널의 수신감도 측정이 가능하며, 시간대에 따른 트래픽 변화에 의한 수신감도 변화를 파일럿 E_b/I_0 를 이용하여 보상하여 줌으로써 시간 및 통화량에 구애받지 않고 기지국의 수신감도를 측정 및 감시할 수 있다. 수신감도의 측정은 메인경로와 다이버시티 경로에 대하여 각각 측정이 가능하므로 양 경로의 불균형 현상을 감시할 수 있으며, 다이버시티에 의한 수신감도의 개선 효과 및 다이버시티의 정상 동작 여부를 검증할 수 있도록 하였다.

II. CDMA시스템에서의 수신감도

1. 수신감도

CDMA이동통신 시스템의 수신기에서 E_b/N_0 (Bit energy to noise power spectral density ratio)와 원하는 수신감도를 얻기 위한 RF 전력 레벨은 기준 잡음지수 F로부터 구할 수 있다.^[4] F는 시스템의 출력 SNR(Signal to noise ratio)에 대한 입력 SNR의 비로 정의되며 그 관계는 그림 1과 같다.

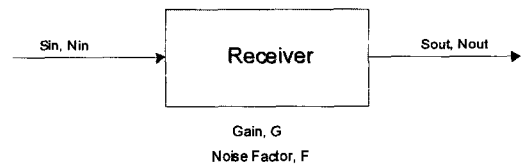


그림 1. CDMA 수신기의 입출력 관계

Fig. 1. The relationship between input and output of CDMA receiver.

그림 1에서 시스템의 수신 성능을 결정짓는 각 파라미터는 다음과 같이 정의된다.

S_{IN} = 입력신호의 가용전력(W)

$N_{IN} = KTB_{RF}$ = 입력 열잡음의 가용전력(W)

여기서, K = 볼츠만 상수

$$= 1.381 \times 10^{-23} \text{ W/Hz/K}$$

T = 290K

B_{RF} = RF 캐리어 대역폭(Hz)

S_{OUT} = 출력신호의 가용전력(W)

N_{OUT} = 출력잡음의 가용전력(W)

G = 시스템 이득
F = Noise Factor

수신기 시스템의 입력에 신호와 잡음이 동시에 존재한다고 할 때 수신기의 입력과 출력 사이의 관계는 식(1)과 같이 정의될 수 있다.^[5-7]

$$S_{OUT} = G \times S_{IN} \quad (1)$$

CDMA 이동통신 시스템에서 역방향 셀 환경은 이동국의 최대 출력과 기지국 수신감도 및 다른 통화자에 의한 잡음 증가분에 의해 결정될 수 있다. 이 중에서 기지국 수신감도를 결정짓는 주요 요인으로는 기지국 수신 잡음지수를 들 수 있으며 이때의 잡음지수 F는 다음과 같이 유도된다.^[1]

$$F = \frac{\left(\frac{S_{IN}}{N_{IN}}\right)}{\left(\frac{S_{OUT}}{N_{OUT}}\right)} = \left(\frac{S_{IN}}{N_{IN}}\right) \times \left(\frac{N_{OUT}}{S_{OUT}}\right) \quad (2)$$

$$N_{OUT} = \frac{F \times N_{IN} \times S_{OUT}}{S_{IN}} = F \times N_{IN} \times G \quad (3)$$

여기서, 변조된 신호의 평균전력 S는 $S = E_b/T$ 로 정의되며, E_b 는 T구간에 대한 심볼의 Bit 에너지이다. 따라서 이동국의 특정 Rate에서 S_{IN} 은 식(4)로 정의된다.

$$S_{IN} = E_b \times R_{bit} \quad (4)$$

$$T = \frac{1}{R_{OUT}} \quad (5)$$

$$\frac{S_{OUT}}{N_{OUT}} = \frac{S_{IN} \times G}{N_{IN} \times G \times F} = \frac{S_{IN}}{N_{IN} \times F} = \frac{E_b \times R_{bit}}{KTB_{RF}F} \quad (6)$$

$$\frac{S_{OUT}}{N_{OUT}} = \frac{E_b}{KTF} \times \frac{R_{bit}}{B_{RF}} \quad (7)$$

이때 KTF는 1bit-interval에 있는 잡음전력 N_o 이므로

$$\frac{S_{OUT}}{N_{OUT}} = \frac{E_b}{N_o} \times \frac{R_{bit}}{B_{RF}} \quad (8)$$

여기서, B_{RF} 는 Chip rate에 의하여 요구되는 대역폭이며 IS-95에서는 1.23MHz에 해당한다. 이때 대역폭과

Symbol bit T_b 에 따른 이득을 확산이득(Spreading gain) G_p 로 정의하면

$$G_p = \frac{B_{RF}}{R_{bit}} \quad (9)$$

식(8)과 식(9)로부터 다음 결과를 얻을 수 있다.

$$S_{IN} = NF + KTB_{RF} + \frac{E_b}{N_o} - G_p \quad (10)$$

여기서, $G_p = 10 \log_{10} \left(\frac{1.2288 MCPS}{TrafficData Rate} \right)$

IS-95 시스템의 기지국 수신감도와 관련된 최소성능 규격은 95%의 신뢰도를 가지며 1%의 FER을 초과하지 않는 최소 입력레벨로 정의되어 있으며, 이때 Data rate는 9,600bps로 고정된다.

식(10)의 결과에서 알 수 있듯이 수신감도는 이동국의 Data rate에 따라 변화되며, 아래 식(11) 및 식(12)과 같이 정량적인 값으로 표현할 수 있다.^[1]

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{(RSS_i / TRrate)}{-174 + NF} = \frac{(RSS_i - 10 \log(TRrate))}{-174 + NF} \quad (11)$$

식(11)으로부터 단일 셀, 단일 통화를 기준으로 한 기지국의 최소 요구 수신레벨은 식(12)과 같이 표현될 수 있다.

$$RSS_{i,required} = (E_b/N_o)_{required} + (-174 + NF) + 10 \log(TRrate) \quad (12)$$

2. 수신감도 측정원리

CDMA 이동통신에서 기지국의 수신감도를 측정하는 방법으로는 다음과 같이 몇 가지 방법으로 구분할 수 있다. 첫 번째 방법으로는 CDMA 기지국의 표준규격인 IS-97에서 정의하고 있는 기지국 최소 요구규격에 의한 시험방법으로써, 그림 2에서 보는 바와 같이 페루프 전력제어 기능을 제거한 이동국을 이용하여 역방향 통화채널의 Target FER에 도달하도록 기지국의 수신전력을 제어함으로써 보코더 단에서 FER이 1%가 될 때의 기지국 수신전력을 측정하는 방법이다. 그러나 이 방법은 단말기의 페루프 전력제어 기능을 중지시켜야 하며, 보코더의 FER 정보를 기지국에서 실시간 적으로 알 수 없다는 점에서 비현실적이며 실험실 차원의 방법이라 할 수 있다.

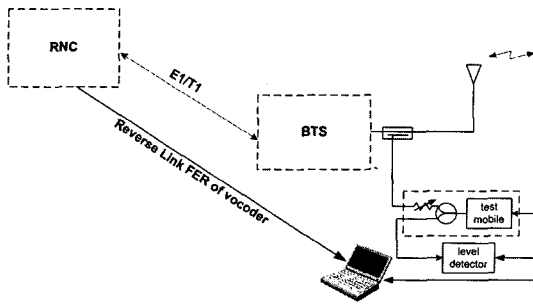


그림 2. IS-97에서 권고하는 기지국 수신감도 측정 방법

Fig. 2. Reverse link sensitivity measurement method proposed in IS-97 standard.

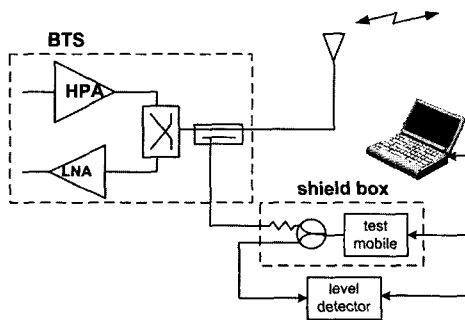


그림 3. 간략화된 기지국 수신감도 측정 방법

Fig. 3. Simplified reverse link sensitivity measurement method.

수신감도를 측정하는 두 번째 방법으로는 위 그림 2에서 소개한 방법을 간략화한 것으로써 보다 간단히 역방향 수신감도를 측정할 수 있다. 그림 3과 같이 단말기의 페루프전력제어 특성에 의하여 단말기는 항상 보코더 단에서 타겟 FER에 근접하도록 자신의 출력을 증감하면서 기지국에서 수신 가능한 최소의 신호 레벨이 되도록 신호 세기를 제어한다. 이러한 경우 기지국 수신단에 도달한 역방향 신호레벨을 수신감도로 간주할 수 있으므로, 이때의 단말기의 출력을 측정하고 기지국 수신단까지의 경로손실을 고려하면 간단히 기지국의 수신감도 레벨을 계산할 수 있다. 따라서 상기 식(11) 및 식(12)에서 정의한 기지국의 수신감도는 다음 식(13)과 같이 나타낼 수 있다.

$$RSS_{i\text{ Required}} = P_{\text{mobile}} - (L_{\text{shield}} + L_{\text{cable}} + C_{\text{BTS}}) \tag{13}$$

여기서, P_{mobile} : 시험용 단말기의 출력레벨

L_{shield} : 쉴드박스 내부손실

L_{cable} : 시험용 케이블 손실

C_{BTS} : 기지국 전치부의 결합계수

III. 통화량 변동에 따른 수신감도의 변화 및 보상

정확한 수신감도의 측정을 위해서는 외부 간섭 신호에 의한 영향을 배제하기 위하여 트래픽이 없는 상황에서 측정이 이루어져야 하지만, 이를 위해서는 기지국의 서비스를 중지하거나 통화량이 없는 심야시간을 택하여 측정해야 하는 등의 어려움이 있다. 따라서 통화량에 관계없이 정확한 측정값을 얻기 위해서는 통화량에 따른 수신감도의 열화정도를 분석하여 이에 따른 측정값 보상이 이루어져야 한다.

통화량에 따른 수신감도 보정 방법으로는 코드도메인 분석을 통한 통화량 계측 결과를 근거로 보상하는 방법과 통화량에 따른 파일럿 E_c/I_o 의 변화량을 근거로 산술적 보상을 하는 방법 등이 있다. 전자의 경우 코드도메인 분석을 통하여 전 왈시코드에 해당하는 채널을 관찰할 수 있는 반면, 코드도메인 분석에 필요한 처리시간의 지연으로 인하여 실시간 데이터를 얻기 어려우며 별도의 장치와 소프트웨어가 필요한 단점이 있으며, 후자의 경우 수신감도 측정을 위한 단말(모뎀)로부터 쉽게 순방향 파일럿의 E_c/I_o 값을 얻을 수 있다. IS-95A 및 IS-95B 등 2세대 통신망에서는 음성위주의 서비스를 실시하므로 순방향 파일럿 E_c/I_o 의 변화가 곧 통화량의 변화로 이어지지만, cdma2000 1X에서는 순방향 코드영역에 데이터호에 대한 정보가 포함될 수 있으며, 순방향과 역방향의 호 불균형으로 인하여 순방향 파일럿 E_c/I_o 변화만으로 트래픽의 정도를 유추하기 어렵다. 그러나 전체 통화량 중 음성통화가 대부분이며, 별도의 코드영역 분석기에 의하지 않고는 음성호와 데이터 호를 구분할 수 없으므로, 본 연구에서는 순방향 파일럿 E_c/I_o 에 의한 수신감도 보정방법을 적용하고 코드영역 분석에 의한 데이터 호에 대한 보상 기법은 추후 연구에서 계속 연구하고자 한다.

CDMA 이동통신 시스템에서는 통화량에 따라 순방향 E_c/I_o 가 변화하며, E_c/I_o 의 변화는 곧바로 수신감도의 변화로 이어지므로 이들의 상관관계를 이용하여 통화량에 관계없이 시간에 구애받지 않고 정확한 수신감도를 얻을 수 있다.

파일럿 E_c/I_o 는 각 기지국에 의해 할당된 각 채널 전력으로부터 식(14)와 같이 계산할 수 있다.

$$\frac{E_c}{I_o} = \frac{a_0 P_0(\theta_0) L(\theta_0, d_0) G}{I_b + I_n + I_w + I_m + I_t + N} \quad (14)$$

여기서,

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

I_n : CDMA 이외의 신호

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

파워의 합

K : 기지국 총 수

$I_m = G L_0(\theta_0, d_0) \sum_{j=1}^J T_j(\theta_0)$: 토털 트래픽 채널

$T_j(\theta_0)$: 이동국 j의 트래픽 ERP

$I_t = G \sum_{k=1}^K X_k(\theta_k) L_k(\theta_k, d_k)$: 인접 셀 트래픽

파워의 합

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.^[8,9]

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

파일럿 전력에 의한 E_c/I_o 의 열화는 약 1dB에 불과하며, 파일럿 전력에 의한 E_c/I_o 의 변화는 음성트래픽

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 %

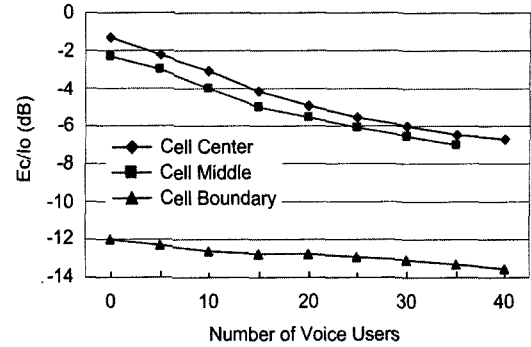


그림 4. 파일럿 전력비가 15%일 때의 음성 트래픽 증가에 따른 E_c/I_o 변화

Fig. 4. Voice traffic increase vs. E_c/I_o variation at 15% pilot power ratio.

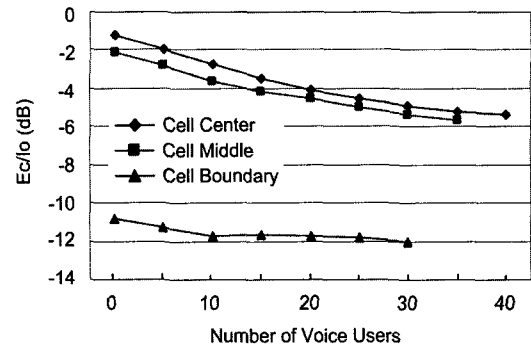


그림 5. 파일럿 전력비가 20%일 때의 음성 트래픽 증가에 따른 E_c/I_o 변화

Fig. 5. Voice traffic increase vs. E_c/I_o variation at 20% pilot power ratio.

이나 가입자의 위치에 의한 것보다 작다. 가입자의 지리적 위치는 E_c/I_o 가 열화되는 주된 요인이며, 트래픽에 의한 부하 또한 E_c/I_o 를 열화시키는 주된 요인이다. 최번시(busy hour)에 측정된 E_c/I_o 는 평균적으로 다른 시간대에 측정된 E_c/I_o 에 비하여 2~3dB 가량 낮으며, 낮은 파일럿전력에 의한 E_c/I_o 의 열화는 Channel estimation을 감소시킬 뿐만 아니라 서비스 커버리지를 축소시키는 원인이 된다.^[10]

IV. 측정장치 제작

본 논문에서는 운용중인 CDMA 이동통신 시스템의 무선품질 측정 및 분석을 통하여 기지국 역방향 성능의 최적화 방안을 제시하였으며, 본 연구의 최종 목표를 달성하기 위하여 기지국의 역방향 수신감도의 시간에 따른 변화를 실시간 적으로 관찰할 수 있는 기지국 무선 품질 측정 장치를 설계 및 제작하여 연구의 완성

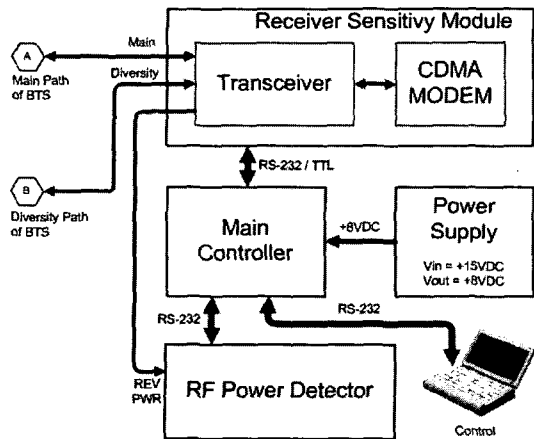


그림 6. 수신감도 측정 장치의 기능블록도
Fig. 6. Functional block diagram of receiver sensitivity test equipment.

도 향상을 꾀하였다.

그림 6은 본 논문에서 구현한 기지국 무선품질 측정 장치의 기능 블록도를 나타내고 있으며 각 블록에 대한 간단한 설명은 다음과 같다.

그림 6에서 보는 바와 같이 장치는 수신감도 측정을 위한 CDMA 모뎀을 탑재하여 기지국과의 시험호를 통하여 수신감도 측정에 필요한 역방향 신호를 발생시키기 위한 수신감도 측정모듈과 각 모뎀의 출력을 레벨을 측정하기 위한 RF 파워디텍터 및 이들 각 모듈의 제어 및 연산을 위한 메인 프로세서 등으로 구성된다.

메인 프로세서는 RS-232 및 TTL 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 각 측정결과는 실시간 측정에 의한 데이터 수집 기능을 수행하여 주기적인 데이터를 축적함으로써 시간 경과에 따른 변화를 분석할 수 있도록 하였다.

V. 실험 및 고찰

그림 7과 같이 운용중인 기지국의 메인경로 및 다이버시티 경로의 순방향 커플링 포트에 기지국 측정장치의 A 및 B 포트를 각각 연결하고 역방향 수신감도를 측정하도록 설정하였다. 측정주기는 모뎀에서 시험호 발신 이후 콜 셋업이 완료되는 데 걸리는 시간을 고려하여 15분을 1주기로 설정하였으며, 장시간의 데이터가

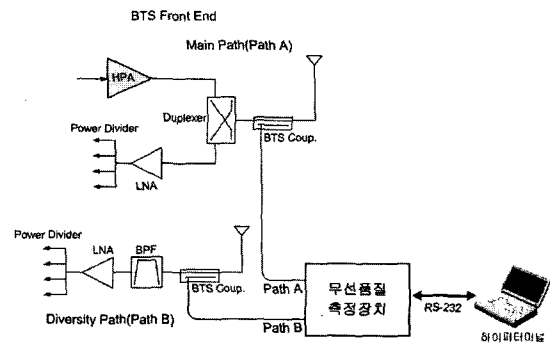


그림 7. 수신감도 및 순방향 출력 측정 구성도
Fig. 7. Test configuration of receiver sensitivity and BTS transmit power.

누적되도록 하였다. 측정항목으로는 기지국의 순방향 전력, 역방향 수신감도와 함께 모뎀의 각종 파라미터를 동시에 기록하도록 하여 측정 데이터와 비교하여 측정 시점에서의 트래픽 환경을 알 수 있도록 하였다.

내장된 모뎀(이동국)은 자신의 수신전력인 RSSI 및 순방향 E_c/I_o 등에 근거하여 송신출력을 실시간적으로 변화시키는 역방향 전력제어를 수행하며, 기지국으로부터 전력제어에 필요한 명령을 수신하여 기지국에서 수신 가능한 최소의 전력으로 송신 신호를 전송한다. 본 연구에서 분석하고자 하는 수신감도의 변화는 모뎀의 역방향 출력 변화에 직접적으로 영향이 있으므로 역방향 전력, RSSI, E_c/I_o 등 모뎀 파라미터의 변화를 우선 살펴보았다. 그림 8은 24시간에 걸친 모뎀 파라미터 변화를 나타낸다. 그림 8에서 보는 바와 같이 최한시인 새벽시간대에 모뎀의 RSSI는 최소치를 나타내며, 이때의 TxAdj 와 이에 따른 역방향 출력도 최소가 됨을 알 수 있다. 그러나 트래픽이 증가하는 한낮과 저녁 시간대의 최번시에는 트래픽에 의한 역방향 잡음의 증가로 인하여 낮은 E_c/I_o 특성을 보였으며, 이때의 역방향 출력도 따라서 높아짐을 알 수 있다.

그림 9는 시간에 따른 역방향 수신감도의 변화를 보여주고 있다. 이 시험결과는 트래픽에 의한 영향을 고려하지 않고 순수하게 기지국 전치부에 도달하는 RF 신호의 세기를 나타내고 있는데, 하루 중 통화량에 따른 최번시와 최한시 간의 수신감도에서 높은 편차를 보이고 있다. 이는 최번시의 늘어난 트래픽으로 인한 열악한 전파환경 하에서 기지국이 이동국에 높은 전력을 요구하는 결과이므로 곧 셀 반경의 축소로 이어져 최번시 셀의 외곽에 위치한 가입자의 서비스에 장애 발생의 가능성이 있음을 의미한다. 반면 메인경로와 다이버시티 경로 간의 수신감도 편차는 거의 없으며 단

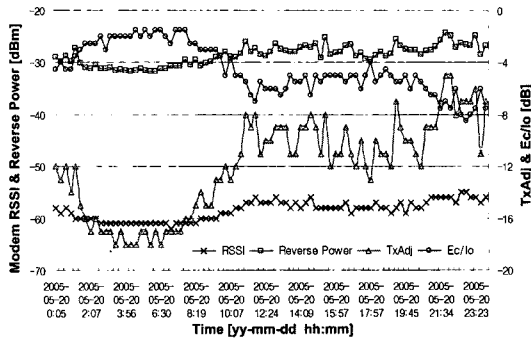


그림 8. 시간에 따른 모뎀 파라미터 변화
 Fig. 8. Modem parameter variation vs. measurement time.

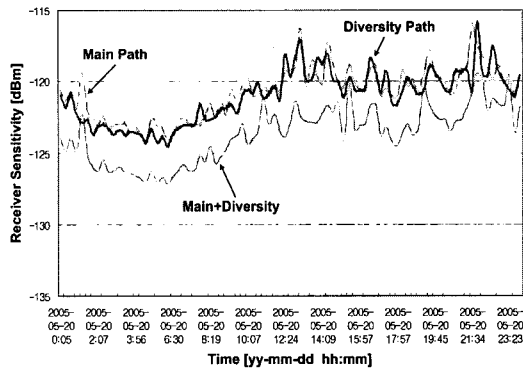


그림 9. 시간에 따른 수신감도 변화
 Fig. 9. Receiver sensitivity variation vs. measurement time.

일 경로와 다이버시티를 고려한 경로 간의 수신감도 차이로 정의되는 다이버시티 이득은 약 3dB로서 정상적인 다이버시티 효과를 나타내고 있음을 알 수 있다.

이상 살펴 본 수신감도 측정결과는 트래픽이 존재하는 상황에서의 수신감도를 의미하며 트래픽을 고려하지 않은 무통화시의 기지국의 역방향 수신 성능과는 거리가 있다. 전술한 바와 같이 기지국의 정확한 수신감도를 측정하기 위해서는 트래픽의 영향을 배제하기 위하여 서비스를 중지한 상태에서 측정하는 것이 원칙이지만, 트래픽에 의한 열화정도를 분석하여 보상함으로써 간단히 수신감도를 산출할 수 있다. 그림 10에서 수신감도의 일간 변화추이를 보면 트래픽에 의한 영향을 보상하기 전의 수신감도는 트래픽의 증가에 따른 E_c/I_o 가 낮아짐에 따라서 수신감도 특성이 저하되어 최대치와 최소치 간 약 6dB의 편차를 보이고 있으며, 본 연구에서 적용한 E_c/I_o 에 의한 트래픽 보상기법을 이용하여 보정된 수신감도는 전 시간 영역에 걸쳐 고른 특성을 보이고 있다. 한편 그림 11은 메인경로와 다이버시티 경로 각각에 통화량에 따른 영향을 보정한

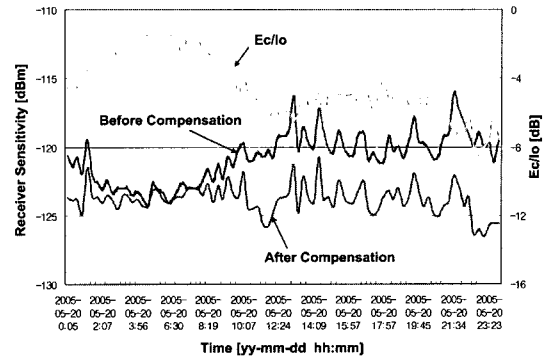


그림 10. 통화량에 의한 영향을 보정한 메인경로 수신감도
 Fig. 10. Main path sensitivity with traffic loading compensation.

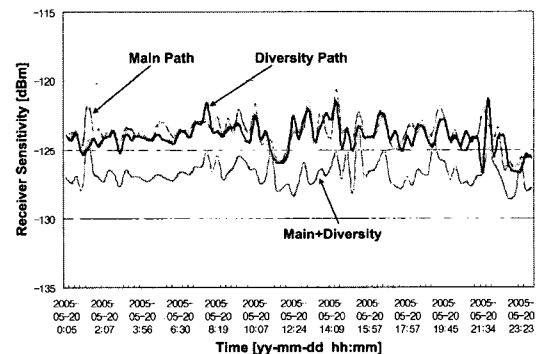


그림 11. 통화량에 의한 영향을 보정한 수신감도 변화
 Fig. 11. Receiver sensitivity variation with traffic loading compensation.

결과를 나타내는 것으로써 시간대에 따라 심한 변화를 보인 그림 9와 달리 각 경로에서 안정된 특성을 보이고 있음을 알 수 있다.

VI. 결 론

본 논문에서는 CDMA 기지국의 역방향 수신감도를 측정함에 있어서 파일럿 E_c/I_o 를 이용한 보상기법을 적용함으로써 시간대에 따른 통화량의 변화에 관계없이 기지국의 역방향 무선품질을 감시할 수 있는 방안을 제시하였다, 또한 실시간 또는 주기적인 측정을 통하여 통화량 변화에 따른 시스템 성능의 열화정도를 분석함으로써 최적의 서비스 품질을 보장하기 위한 통신망 최적화 방안을 제시하고 있다.

References

[1] 이상근, 방효창, "IMT-2000/CDMA 기술", 도서출

- 판 세화, pp.120-139, 2001.
- [2] Jin Yang, "Analysis and simulation of a CDMA PCS indoor system with distributed antennae," Proceedings of 6th IEEE Symposium on PIMRC, pp. 11 23, 1995.
- [3] Guoan Chen, Xiaou-Hu Yu and Jing Wang, "Adaptive channel estimation and dedicated pilot power adjustment based on the fading-rate measurement for a pilot-aided CDMA system," Selected Areas in Communications, IEEE Journal on Volume 19, pp.132-140, Jan 2001.
- [4] 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.
- [5] Jhong Sam Lee & Leonard E. Miller, "CDMA systems engineering handbook," Artech House Publishers, 1998.
- [6] Samuel C. Yang, "CDMA RF system engineering," Artech House Publishers, 1998.
- [7] "Receiver sensitivity equation for spread spectrum system", Application Note 1140, Dallas Semiconductor, June 2002.
- [8] TIA/EIA-97-C, "Recommended minimum performance standards for base stations supporting dual-mode spread spectrum mobile stations," Nov. 1998.
- [9] TIA/EIA/CDMA2000 1x, "Physical layer standard for CDMA2000 1x standards for spread spectrum systems," June, 2000.
- [10] 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.

1992~1997 대우전자(주) 영상연구소 근무

1997~2001 (주)한화/정보통신 무선연구단 근무

2002~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>