

논문 2005-42TC-9-8

이동통신시스템의 안테나 정재파비 측정방법에 관한 연구

(A Study on Antenna VSWR Measurement Method of Mobile Communication System)

정 기 혁*, 나 극 환*

(Ki Hyeok Jeong and Keuk Hwan Ra)

요 약

이동통신시스템에서 운용 중인 기지국이나 중계기는 설치 이후 안테나의 특성변화에 대한 영향을 파악할 수가 없으며, 안테나의 노후, 커넥터의 부식, 주변환경의 변화 등의 원인으로 인하여 안테나의 특성열화나 정재파비 저하 등의 장애요인이 발생할 경우 즉각적인 발견 및 대처가 매우 어렵다. 본 논문에서는 PCS 순방향 대역 (1,840~1,870MHz)에서 운용 중인 기지국이나 중계기의 서비스를 중단하지 않은 상태에서 안테나의 VSWR을 실시간 및 주기적인 측정을 위하여 송신 및 수신 특성의 열화정도를 판단하고 열화 추이를 예측함으로써 최적의 서비스를 가능하게 해 줄 수 있는 안테나 정재파비 측정장치에 관하여 연구하였다. 또한 안테나 정재파비 측정장치를 구성하는 각 부분들에 대한 연구를 통하여 전체 시스템을 제작하였으며, 실제 운용 중인 중계기를 이용하여 정재파비 시험을 실시함으로써 측정의 정확도와 효용성을 입증하였다.

Abstract

For the base station or repeater which is in operation as part of a mobile communication system, any kind of degradation in antenna performance such as lowered gain or increased VSWR which maybe due to aging of antenna, connector corrosion or other environmental factors, is difficult to detect and react to immediately. In this paper, a VSWR measurement device which is capable of detecting the VSWR of a PCS forward path (1,840~1,870MHz) antenna in operation in real time without any interruption in service is developed. Such regular measurement will allow the prediction of any serious failures and insure reliable operation of the antenna. All components of the antenna VSWR measurement device was researched so that the whole system could be produced and shown to be accurate in measuring the VSWR of an actual RF repeater in operation, proving it's effectiveness.

Keywords : VSWR, Antenna, Diversity, Directional coupler

I. 서 론

무선통신시스템에서 송신 및 수신 성능을 좌우하는 중요한 요소 중 하나는 안테나의 특성 및 설치상태이다. 안테나의 제반 성능이 우수하다 하더라도 시스템에 설치된 상태가 불량하거나 외부의 환경적인 요인에 의하여 그 특성이 열화되는 경우 통신시스템의 성능은 현

저히 저하될 수 있다. 그러나 대부분의 통신시스템에서 안테나의 열화정도를 측정 및 감시할 수 있는 장치를 구비하지 않은 채 운용하고 있으며, 일상적인 점검에서조차 안테나의 상태점검은 배제되고 있다.

일반적으로 이동통신시스템 즉, 기지국 또는 중계기에서 안테나는 메인안테나와 다이버시티 안테나로 구분되며, 메인안테나는 다시 송신안테나와 수신안테나로 구분 설치된다. 최초 안테나 설치 시에는 주변 환경을 고려하여 최적의 전파환경이 구성되도록 설치하지만 시간이 경과하여 주변 건물의 신축, 광고물의 설치 등 전파전파에 영향을 줄 수 있는 요인이 생기는 경우 안테나는 본래의 특성을 나타내지 못하고 특성이 열화되는 경향이 있다^{[1][2][3]}. 또한 시간의 경과에 따라 침수, 습기

정희원, 광운대학교 전자공학과
(Department of Electronics Engineering,
Kwangwoon University)

※ 본 연구는 정보통신부의 대학정보통신 연구센터 (ITRC) 육성 지원사업의 지원으로 수행되었습니다.
접수일자: 2005년5월23일, 수정완료일: 2005년9월2일

등으로 인하여 킨넥터의 부식이 있는 경우 안테나의 특성은 급격히 나빠진다. 이러한 경우 이동통신 시스템의 수신성능 저하는 물론 송신 및 수신신호의 전파를 방해하여 서비스 커버리지의 축소로 이어질 뿐 아니라 송신부의 순방향 정재파비 상승으로 인한 장애발생의 원인이 될 수 있다는 점에서 안테나의 유지 관리는 대단히 중요하다 하겠다.

최근 각 이동통신사들의 치국현황을 살펴보면 이동통신시스템의 시설공용화 정책에 따라 셀룰러, PCS, WCDMA, WiBro 등과 같은 이중의 서비스를 담당하는 기지국은 물론 서로 다른 주파수대역을 갖는 동종 사업자들 간에도 안테나 타워 및 급전선을 공유하는 사례가 늘어나고 있는데, 기 설치된 안테나와 신규 설치된 안테나 간의 충분한 아이솔레이션이 확보되지 않거나 전파에 장애를 주는 경우 안테나 정재파비에 심각한 장애를 가져올 수 있다.^[4]

따라서 본 논문에서는 안테나의 전압정재파비(VSWR, Voltage Standing Wave Ratio)를 실시간 또는 주기적으로 측정하여 시간의 경과에 따른 안테나 특성의 열화정도를 관찰하고 시설 미비로 인하여 발생할 수 있는 시스템 성능저하를 방지할 수 있는 효과적인 방안을 제시하고자 한다.

II. 정재파비 측정장치 설계

본 논문에서 구현한 안테나 정재파비 측정장치는 그림 1에서 보는 바와 같이 기지국이나 중계기의 송신신호를 정재파비 측정장치로 공급하기 위한 양방향 방향성 결합기(Dual Directional Coupler), 신호를 각 경로

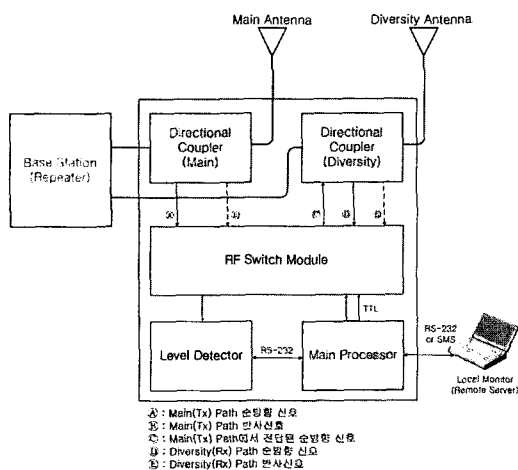


그림 1. 안테나 정재파비 측정장치의 개념도
 Fig. 1. Antenna VSWR measurement system.

별로 배분하기 위한 RF스위치부, 방향성 결합기를 통하여 안테나에서 반사된 신호의 세기를 측정하기 위한 RF디텍터 및 로컬모니터(PC) 또는 원격서버로부터 측정명령을 전달받고 측정된 결과를 수집하여 전송하기 위한 메인프로세서부 등으로 구분할 수 있다.

1. RF 스위치

기지국이나 중계기의 송신부로부터 전송된 신호를 원하는 각 부분으로 분배하기 위하여 높은 아이솔레이션 특성을 갖는 RF 스위치를 사용하여야 하며, 운용하는 주파수 대역에 따라 삽입손실, 포트 간 아이솔레이션 등 RF특성이 달라지므로 세심한 주의를 기울여야 한다. 본 논문에서 구현하고자 하는 정재파비 측정장치는 방향성결합기의 순방향 결합도와 역방향 결합도가 정확히 일치해야 하며, 그림 4에서 보는 바와 같이 결합도는 상대편 포트가 50Ω으로 종단되었을 경우를 전제로 하므로 스위치가 어느 한쪽 포트에 전환되었을 경우 개방된 반대편 포트는 반드시 50Ω으로 종단되어야 한다^[5, 6]. 따라서 본 논문에서는 스위치 모듈의 설계에 있어서 Absorptive type SPDT 스위치인 Hittite사의 HMC349MS8G를 사용하여 단락된 포트가 자동으로 50Ω으로 종단되도록 하였다. 그림 2의 블록도에서 보는 바와 같이 기지국의 원격 감시가 가능하도록 하기 위하

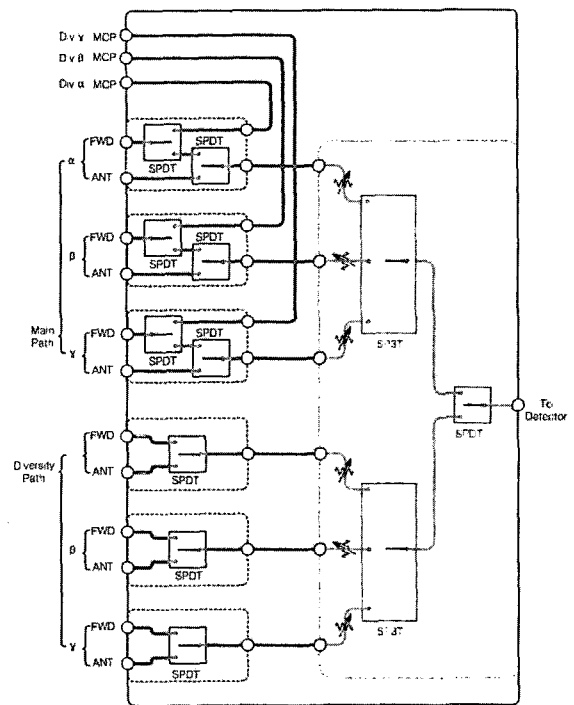


그림 2. RF 스위치 모듈의 블록도
 Fig. 2. RF switch module block diagram.

여 3섹터를 수용하도록 구성하였다. 각 섹터 및 경로 별로 개별 설계하고 동일 구조를 갖는 블록을 독립적으로 운용되도록 함으로써 각 섹터간의 상호 간섭을 최소화함은 물론 설계상의 편의를 꾀하였다. 시험결과 각 포트로부터 레벨디텍터에 이르는 삽입손실은 최대 5dB 이었으며, 최소 55dB의 포트간의 아이솔레이션 특성을 나타내었다.

2. 방향성결합기

안테나 정재파비의 측정은 송신기로부터 전달된 순방향 신호레벨과 안테나로부터 반사된 반사신호의 세기를 비교함으로써 가능하다.

다음 그림 3 은 가장 일반적인 방향성 결합기의 구조를 나타낸다. 대부분의 방향성 결합기는 결합회로로부터 격리된 4개의 포트를 갖는 양방향 4단자 회로망으로 구성된다. 다음 식(1)~(3)은 방향성 결합기의 특성을 결정짓는 3가지 항목을 나타낸다.^[5]

$$\text{Coupling Factor } C[dB] = 10\log\left(\frac{P_1}{P_3}\right) \quad (1)$$

$$\text{Directivity } D[dB] = 10\log\left(\frac{P_3}{P_4}\right) \quad (2)$$

$$\text{Isolation } I[dB] = 10\log\left(\frac{P_1}{P_4}\right) \quad (3)$$

본 논문에서는 기지국이나 중계기의 출력신호를 그 입력으로 사용하는 관계로 대전력 특성에 적합한 Airline 방향성 결합기를 채택하였으며, 앞서 설명하였듯이 RF스위치의 개방된 포트에서 자동으로 50Ω 종단되므로 별도의 아이솔레이션 포트는 구비하지 않고 두 개의 포트 만으로 양방향방향성 결합기의 역할을 수행하도록 하였다. 그림 4 와 그림 5는 각각 방향성결합기의 등가적인 회로도와 제작된 방향성 결합기의 실물 사진

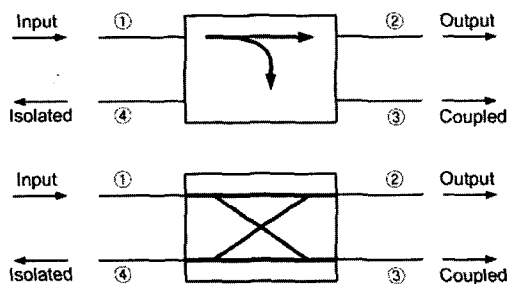


그림 3. 두 방향성결합기의 심볼 및 신호흐름
Fig. 3. Two commonly used symbols for directional couplers and power flow.

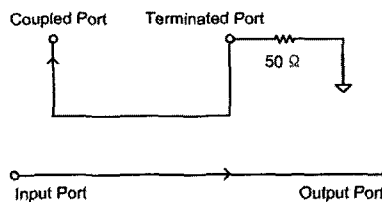


그림 4. Airline 방향성결합기의 회로도

Fig. 4. Schematic diagram of airline directional coupler.

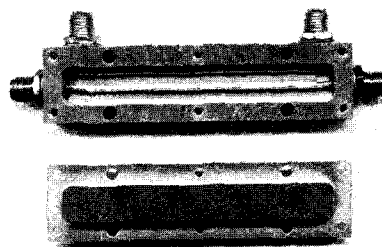


그림 5. 제작된 방향성결합기
Fig. 5. Manufactured directional coupler.

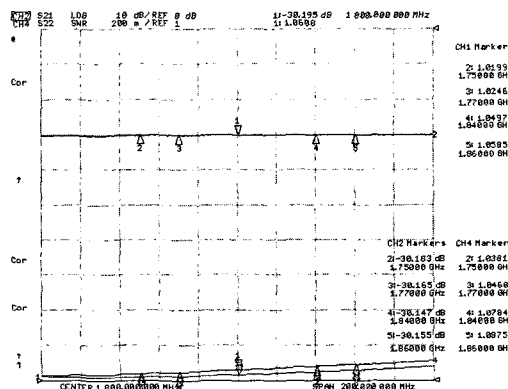


그림 6. 제작된 방향성결합기의 특성
Fig. 6. Measured data for manufactured directional coupler.

진을 나타내고 있다. 제작된 방향성 결합기의 결합계수는 30dB로 설정하였으며, 정확한 신호전달을 위하여 30dB이상의 방향성(Directivity)을 갖도록 설계하였으며, 그 시험결과를 그림 6 에서 보였다.

3. RF Power Detector

방향성 결합기로부터 입력된 신호는 RF스위치를 거쳐 순방향신호와 반사신호로 구분되어 레벨디텍터로 입력된다. 기지국이나 중계기의 송신신호는 여러 채널을 포함하고 있으므로 특정 채널의 신호만을 선별하여 그 세기를 측정하여야 한다. 이를 위하여 140MHz 중간주파수로 변환하여 300KHz 대역의 SAW필터를 거침으로써 인접채널의 영향을 받지 않고 특정채널의 전력을 검

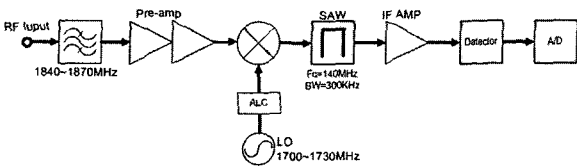
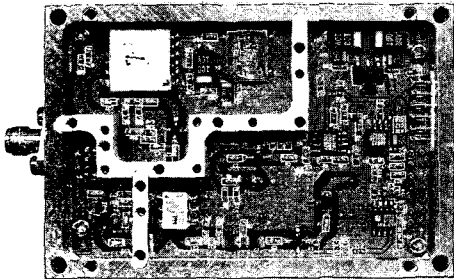
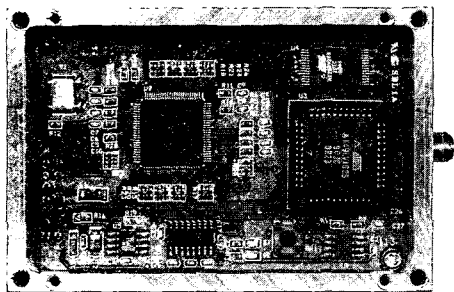


그림 7. RF power detector의 블록도
Fig. 7. Blockdiagram of RF power detector.



(a) RF part



(b) Digital part

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

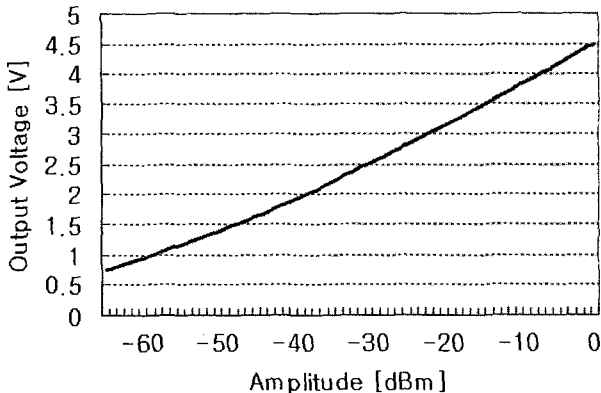


그림 9. 입력신호세기에 따른 출력전압
Fig. 9. Output voltage vs. input amplitude.

출하도록 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 검출레벨

의 정밀도 향상과 선형성 확보를 위하여 후자의 방법을 택하였으며, Analog Device사의 True RMS 타입 디텍터 칩인 AD8362를 사용하였다. 그림 7 및 그림 8은 각각 본 연구에서 구현한 디텍터 모듈의 블록도 및 실물 사진이다.

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 나타낸다.

4. 장치 구성 및 안테나 정재파비 측정

운용중인 기지국이나 중계기의 안테나 VSWR을 측정하기 위한 방법으로는 기지국 송신 신호를 이용하여 진행파와 반사파의 차를 측정하는 방법과 자체 시험신호를 이용하여 이 신호가 반사되어 돌아오는 반사파를 측정하는 방법 등 두 가지로 구분할 수 있다. 우선 기지국 송신신호를 이용하는 방법은 송신안테나의 출력을 이용하여 안테나 정재파비를 측정하는 방법으로써 운용 중인 기지국이나 중계기의 서비스를 중단시키지 않고 효과적으로 정재파비를 측정 및 감시할 수 있는 장점이 있다. 반면, 두 번째 방법은 측정장치에 내장된 신호발생기 출력 신호를 안테나에 인가하여 입사파와 반사파의 차를 측정 및 비교함으로써 안테나 정재파비를 측정하는 방법으로, 현존하는 대부분의 정재파비 측정용 계측장치에서 채택하고 있는 방법이다. 이 방법은 측정방법이 비교적 단순하여 손쉽게 안테나의 이상유무를 판단할 수 있는 장점이 있으나 안테나 정재파비를 측정하기 위해서는 반드시 시스템으로부터 안테나를 분리하여야 하므로 일시적인 서비스 중단을 초래하게 되는 단점을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 서비스에 영향을 주지 않으면서 메인Path의 송신출력만을 이용하여 메인안테나는 물론 다이버시티 안테나 등 수신전용 안테나의 상태를 실시간적으로 측정 및 장시간에 걸친 변화 추이를 관찰할 수 있는 안테나 정재파비 측정장치를 제작 및 시험하였다.

우선 메인안테나의 정재파비 측정방법은 그림 10의 신호흐름도에서 보는 바와 같이 기지국의 출력단에 설치된 방향성결합기에 의하여 기지국의 출력신호레벨과 안테나로부터 반사된 신호레벨을 변갈아 측정하여 안테나 정재파비를 측정하는 방식이다. 입사파와 반사파의 구분은 RF스위치에서 관장하며 입사파와 반사파를 각각 100msec 간격으로 전환하여 디텍터로 공급함으로써

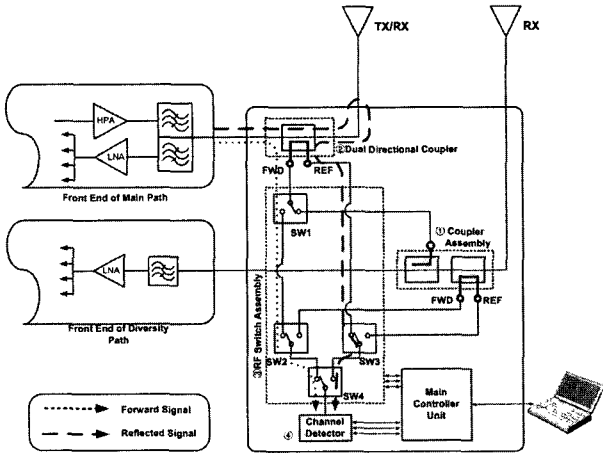


그림 10. 메인안테나의 정재파비 측정방법
Fig. 10. VSWR Measurement of Main Antenna.

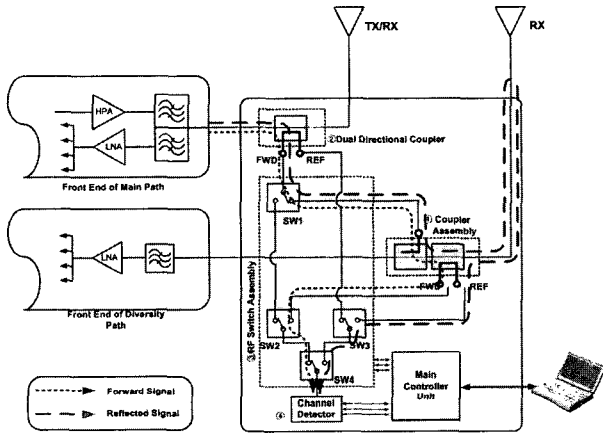


그림 11. 다이버시티 안테나의 정재파비 측정방법
Fig. 11. VSWR Measurement of Diversity Antenna.

안테나 정재파비를 산출한다. 기지국이 다수의 채널을 수용하고 있는 경우 임의의 채널, 즉 임의의 주파수에서의 안테나 정재파비를 측정할 수 있으며 이 경우 디택터는 해당 채널의 신호를 수신할 수 있도록 채널을 변경하여 측정하며, 일련의 모든 동작은 메인프로세서에 의하여 제어된다.

수신전용 안테나의 경우는 자기 경로에 어떠한 종류의 순방향 신호도 없기 때문에 별도의 시험신호를 인가해 주어야 하는데, 본 논문에서는 메인안테나 측의 순방향 신호를 그 시험신호로 이용하도록 구성하였다. 그림 11의 신호흐름에서 보는 바와 같이 전술한 방향성결합기에 의하여 메인안테나 측의 송신부로부터 출력된 신호의 일부를 수신안테나 측에 부가된 Coupler Assembly의 제1 Forward Coupling 포트에 입력하여 메인안테나와 동일한 송신 신호 흐름을 구성한 후 전술한 바와 같은 방법으로 안테나 정재파비를 측정한다. 송신부로부터 전달되는 시험신호는 디택터에서 신호의 세기

를 측정하는데 필요한 동안만 유지되도록 스위치를 설정하였으며, 그 시간은 최대 1초를 넘지 않도록 하였다.

III. 실험결과

위에서 설명한 바와 같이 안테나 정재파비 측정 장치를 구성하여 실제 운용 중인 RF중계기를 이용한 정재파비 관측시험을 실시하였으며, 시험에 사용한 중계기는 섹터의 구분이 없으므로 단일 섹터에 대하여 시험하였다. 그림 10 및 그림 11과 같이 측정 장치를 구성하고 약 3시간 30분 간의 정재파비 변화 추이를 관찰하였으며, 안테나 주위에 인위적인 전파환경의 변화를 가하여 평상시 측정결과와 비교될 수 있도록 하였다. 그림 12는 본 논문에서 설계한 측정 장치를 RF중계기에 적용하여 시험한 실측데이터이다. 그림에서 보는 바와 같이 측정이 진행되는 전 시간영역에 걸쳐 약 1.3:1의 정재파비 특성을 나타내었으며 안테나 주변의 전파환경을 변화시킨 결과 그림 상에 표시한 바와 같이 정재파비의 변화하고 있음을 관측하였다.

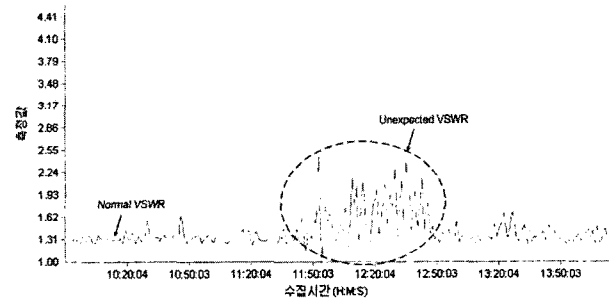


그림 13. 안테나 정재파비 측정결과
Fig. 13. Antenna VSWR Measurement Results.

IV. 결 론

상기 시험결과에서 알 수 있듯이 본 논문에서 제안한 방법으로 안테나의 정재파비를 측정할 경우 안테나의 노후, 부식 및 환경변화 등으로 인한 안테나의 특성저하를 판단 및 예측할 수 있으며, 안테나의 특성저하로 인한 커버리지 축소를 방지함으로써 최적의 서비스가 가능함을 알 수 있다.

참 고 문 헌

[1] Orlando Landron, Martin J. Feuerstein and

- Theodore S. Rappaport, "A comparison of theoretical and empirical reflection coefficients for typical exterior wall surfaces in a mobile radio environment", *IEEE Trans. Antennas and Propagation*, Vol. 44, no.3, pp. 341-351, March 1996.
- [2] T. S. Rappaport, S. Y. Seidel, and K. R. Schaubach, "Site-specific propagation prediction for PCS system design," *Virginia Tech 2nd Symp. Wireless Personal Communication*, Blacksburg, VA, June 17-19, pp. 16.1-16.27, 1992.
- [3] W. Honcharenko and H. L. Bertoni, "Transmission and reflection characteristics at concrete block walls in the UHF bands proposed for future PCS," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 43, no. 2, pp. 232-239, 1994.
- [4] 이상근, 방효창, "IMT-2000 CDMA 기술", 도서출판 세화, 2001.
- [5] Robert E. Collin, "Foundations for microwave engineering" Second Edition, McGraw-Hill, Inc., pp. 413-435, 1992.
- [6] J.A.G. Malherbe, "Microwave transmission line couplers", Artech House, Inc., pp.17-47, 1988.

 저 자 소 개



정 기 혁(정회원)
 1990년 광운대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 1992년 광운대학교 전자공학과
 석사 졸업.
 2004년 광운대학교 전자공학과
 박사 수료.

<주관심분야 : 이동 및 위성통신, 휴대인터넷>



나 극 환(정회원)
 1973년 연세대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 1977년 연세대학교 전자공학과
 석사 졸업.
 1981년 프랑스 ENSEEIHT 국립
 종합공과대학 전자공학과
 박사 졸업.

1981년~현재 광운대학교 전자공학과 교수
 <주관심분야 : 마이크로파 공학, 이동 및 위성통신, 레이더>