

### 이동통신 기지국 안테나 위치제원 측정 및 관리 기술 구현

윤태오, 송진규, 김서규  
SKT 수도권 네트워크본부

#### Technical materialization for the Antenna location measurement system

Taeoh Yoon, Jinkyu Song, Sukyu Kim

SKT Seoul Metropolitan Regional Network Division

Abstract - 이동통신 가입자의 폭발적인 성장세와 더불어 발전하는 이동통신기술의 놀라운 발전은 유비쿼투스(Ubiquitous)라는 새로운 용어를 창출하며 새로운 기술의 영역에 놀라운 속도로 다가서고 있다. 하지만 이러한 성장세와 기술적 발전에도 불구하고 기지국 안테나의 위치제원(높이, Swing 각도, Tilting 각도)의 측정 및 설치 문제가 아직까지 극복되지 못한 낙후 영역으로 존재하고 있었다. 본 고에서는 RF 무선환경 예측 프로그램 및 안테나 구축 그리고 RF운영 최적화에 필수 불가결한 필요한 안테나 위치제원에 대한 전자동 측정 시스템 기술 구현 및 기대 효과 등에 대해 기술한다.

### 1. 서론

끊어짐이 없는 양질의 전파환경을 유지 발전시키기 위한 부단한 노력이 경주 되어 왔으며 앞으로는 양질의 음질(Voice) 및 데이터 통신을 위해서 더 많은 노력이 요구 될 것이다. 양질의 전파환경 확보 유지를 위해서 무선망설계를 위한 RF Simulation, 기지국 설비 그리고 운용부서의 최적화 등이 삼위일체로 요구된다. 여기서 간과 할 수 없는 DB가 요구 되는데 그것이 바로 안테나 위치제원 데이터이다. 안테나의 설치 위치, 방위각, 기울기 등의 데이터가 DB화 되어야 하나 현실적으로 안테나제원의 수동적 측정은 이를 어렵게 하는 실정이다

본 고는 무선 통신용 기지국 안테나의 위치제원 측정 방법,관리,분석에 관한 것으로 더욱 상세하게는 현재 무선 통신사업자가 무선통신을 사용자에게 지원함에 있어 통신 사용자에게 전파를 보내주는 기지국의 방향과 기울기, 높이 등에 따라 사용자의 통신 상태가 다름에도 불구하고 현재 기지국 안테나의 방향과 기울기의 제원을 측정함에 있어 빌딩이나 기타 고층 구조물에 설치되어 있는 기지국에 관리자가

직접 올라가 개략적으로 나침반을 이용해 부정확하게 측정하던 방법을 광파측정기와 안테나 위치제원 측정 전용 소프트웨어를 내장한 Hand-Held 컨트롤러를 이용해 고층구조물의 기지국 안테나까지 가지 않고도 원거리에서 신속하고 정확하게 측정함 뿐만 아니라 실시간으로 안테나 제원 수정 및 D/B화를 통해 안테나 제원을 과학적으로 관리할 수 있는 방법이다.

### 2. 본론

2.1 안테나 위치 제원 측정을 위한 측각 기술 구현  
위의 문제를 해결하기 위하여 광파 거리측정기와 측각기의 원리가 이용되었으며 이는 거리, 고저차, 연직각, 수평각, 3 차원좌표를 한번에 측정 및 저장하여 컴퓨터와 연동하여 실시간 데이터전송,저장, 변환이 가능하도록 기술 구현을 하였다

그림 1 에서 보여지듯 대상 Point 의 각도와 거리를 알면 그 점의 X,Y 좌표를 알 수가 있다

$$P(X,Y) = (r*\cos\theta, r*\sin\theta)$$

마찬가지로 3 차원 상에서도 알고있는 점의 위치에서 알고자 하는 점에 Total station 으로 측정하면 그 점의 거리와 각도를 알게 되어 3 차원상의 좌표 값 N,E,Z(X,Y,Z)를 알 수 있다

$$P(X,Y,Z) = (x_0 + r * \sin\theta_z \cos\theta_h, y_0 + r * \sin\theta_z \cos\theta_h, z_0 + l_h + r * \cos\theta_z - Th)$$

$x_0, y_0, z_0$  : 기준 원점

$h$  : Azimuth Angle

$z$  : Zenith Angle

$l_h$  : Instrument Angle

$Th$  : Target Angle

그리고 광파기에서는 속도  $v=m/s$  속도  $v=\lambda/T = \lambda f$  ( $\lambda$ :파장,  $f$ :주파수)

따라서  $m(거리) = v * t = \lambda * f * t$

파장( $\lambda$ )과 주파수( $f$ )를 아는 특정주파수의 광파를

쏘아서 걸리는 시간을 체크 하여 거리 알 수가 있으며 각도 치와 계산되어 위의 방식으로 그 점의 3차원 좌표 값을 알 수가 있다

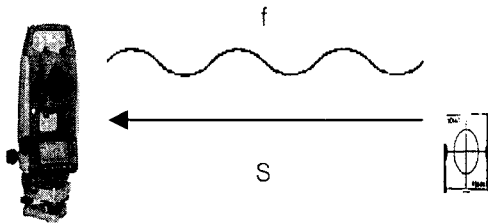
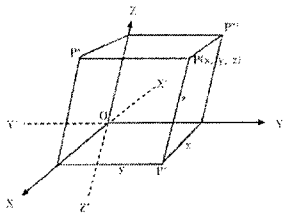
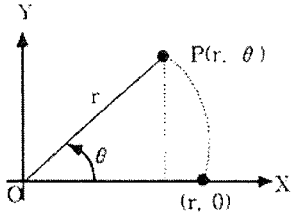


그림 1. 계측과 광파 원리

2.2 안테나 Swing각도와 Tilting각도계산 방법  
위의 계측의 원리에 따라 Total station(광파기)로 가지국 안테나의 각 4분면을 측정하면 각 4분면의 3차원 좌표 값[ (x1,y1,z1) (x2,y2,z2) (x3,y3,z3) (x4,y4,z4) ]을 구할 수 있다

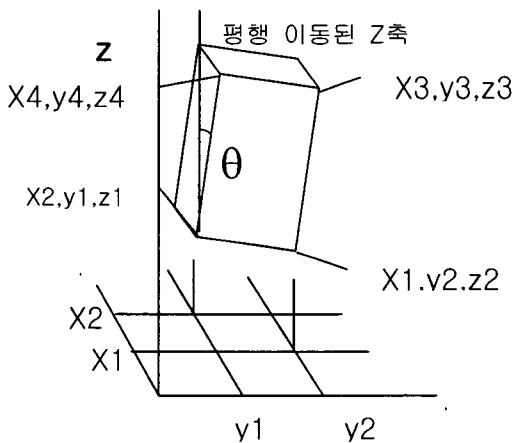


그림2. 3차원 좌표 값

그러면 최초 디지털 나침반( 정도 15분 이내 )을 이용하여 계측한 자북의 기준 방향벡터와 (x1,y1,z1)

(x2,y2,z2) 두 점의 방향벡터를 비교하여 Swing각도(방위각) 계산, 연직의 Z축 방향벡터와 (x1,y1,z1) (x4,y4,z4) 또는 (x2,y2,z2) (x3,y3,z3)방향벡터와 비교하여 Tilting각도(기울기)를 계산할 수가 있다. Z 축 각도도 마찬가지로  $Z\theta = \tan^{-1}(\sqrt{[(x_4-x_1)^2 + (y_4-y_1)^2]} / \sqrt{[(z_4-z_1)^2]})$ 에 의해 기준 z 축 방향벡터와 비교되어 본 발명에 포함된 이지머스 안테나 방위계산 프로그램에 의해 자동으로 산출된다.

### 2.3. 사용 알고리즘

$P(X,Y,Z) = (x_0 + r \sin \theta \cos \phi, y_0 + r \sin \theta \sin \phi, z_0 + r \cos \theta)$  여기서,  $x_0, y_0, z_0$ 는 기준 원점에 해당되고,  $\theta$ 는 방위각(Azimuth Angle),  $\phi$ 는 위도(Zenith Angle),  $r$ 는 계측기 각도(Instrument Angle)  $\theta_t$ 는 목표 각도(Target Angle)에 해당된다.

$$\tan \theta_1 = \frac{(x_1 - x_2)}{(y_2 - y_1)}$$

$$\theta_1 = \tan^{-1} \left( \frac{(x_1 - x_2)}{(y_2 - y_1)} \right)$$

연직의 z축 방향벡터와 제 1 및 제 4 점((x1,y1,z1)(x4,y4,z4)) 또는 제 2 및 제 3 점((x2,y2,z2)(x3,y3,z3))의 방향 벡터와 비교하여 기울기(Tilting Angle)( $\theta_2$ )를 계산하게 되고, Z축의 각도도 기준 Z축 방향벡터와 제 1 및 제 4 점((x1,y1,z1)(x4,y4,z4))을 비교하여 아래 수식에 의해 자동으로 산출하게 된다.

$$Z \theta = \frac{\tan^{-1} \left( \sqrt{[(x_4 - x_1)]^2 + [(y_4 - y_1)]^2} \right)}{\sqrt{[(z_4 - z_1)]^2}}$$

### 2.4 안테나 위치제원 측정 관리

기존의 광파기와 측각기에 연산알고리즘을 개발하여 구현된 안테나 위치 자동 측정 시스템은 그림 3 처럼 구성되어있으며 이로 인하여 안테나 위치제원 측정은 물론 안테나 설치 시에도 보다 정밀하게 시공이 가능해졌으며 기존에는 설치자의 축적된 경험으로

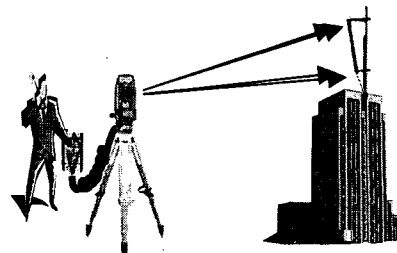


그림 3. 시스템 구성

안테나의 방위각과 기울기 각을 설치 했으나 현재는 본 기술 구현에 의해 그림 4 처럼 실시간으로 설치자가 안테나 각도를 시각으로 확인하면서 설치가 용이해졌다.

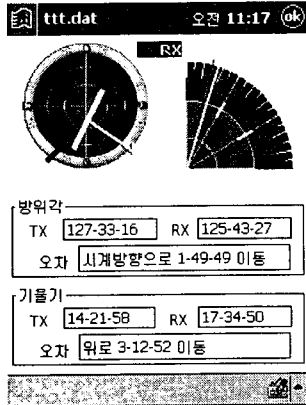


그림 4. 안테나 위치 제원 표시

### 2.5 현장 적용 시험

운용중인 기지국의 안테나에 있어서 수신안테나와 송신안테나의 각도가 서로 같아야 하는데 육안으로는 송수신 안테나의 방위각과 기울기 각도의 상이함을 구별하는데 있어서 많은 어려움이 있었으며 이는 통화품질의 장애 요소로 내재되어 왔다. 본 고에서는 기 설치되어있는 안테나의 송수신안테나 방위각과 기울기 각도의 상이함을 찾아낸 후 표 1 안테나 각도를 교정한 후 교정전과 교정후의 통화품질 변화를 표 2 에서처럼 나타냈다.

측소명	섹터	안테나	안테나 제원 측정		오차(송신 기준)	
			방위각	Tilt	방위각	Tilt
중량구형	α	TX	126°56'33"	7°06'47"		
		RX0	128°38'51"	8°26'38"	-1°82'18"	-1°19'91"
		RX1	120°59'11"	7°42'10"	5°97'22"	-3°35'63"
	γ	TX	353°33'11"	13°37'56"		
		RX0	353°58'27"	13°15'17"	-2°5'16"	2°22'39"
		RX1	352°14'41"	14°16'44"	1°18'70"	-7°8'88"
수택3	α	TX	15°35'22"	8°32'50"		
		RX0	10°52'14"	9°40'23"	4°83'08"	-1°07'73"
		RX1	7°27'56"	6°02'57"	8°07'66"	2°29'93"
	β	TX	164°09'36"	8°09'16"		
		RX0	171°13'13"	7°23'30"	-7°03'77"	8°5'86"
		RX1	168°48'00"	6°54'27"	-4°38'64"	1°54'89"
	γ	TX	238°56'24"	5°33'15"		
		RX0	238°56'50"	4°05'07"	-1°26"	1°28'08"
		RX1	243°32'21"	7°10'35"	-4°75'97"	-1°77'20"

표1. 안테나 각도 편차 조정

표 2 에서 보듯 안테나 교정 후 품질 비교 분석 결과 FER 2.47%(20.11), 절단율 0.2%(0.56) 향상을 가져 왔다

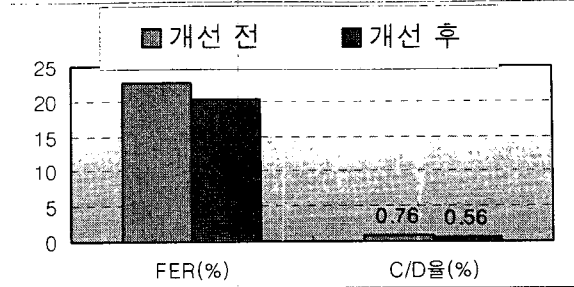


표 2. 통화품질지표 개선

### 3. 결론

이동전화의 통화품질은 안정적인 시설운용을 기반으로 시스템 용량과 최적의 운용 파라메타, 무선전파 환경 등 3 가지 요소에 의하여 결정된다. 시스템 용량은 가입자 트래픽 증가에 따라 주기적으로 확장을 하고 있으며, 운용 파라메타는 여러 번의 현장 시험으로 최적의 파라메타 값을 도출하며, 무선전파 환경은 기지국 안테나 변경과 주변지형의 변화로, 항상 최적의 무선환경 확보가 통화품질 유지에 가장 어려운 Factor 이다. 무선전파 환경의 결정적인 요소는 안테나 Type, 높이, 방향, Tilt 각도에 의하여 영향을 받게 된다. 특히, 안테나의 방향과 Tilt 각도 조정은 지도와 나침반, 주변의 지형지물을 이용하여 조정하므로 많은 오차를 범하고 있으며, 이러한 오차를 측정할 수 있는 Tool의 부재로 오차 자체를 묵인 운용하고 있는 실정이다

본 기술구현에서 안테나의 방향과 Tilt 각도를 엔지니어링 Sheet와 일치되게 작업을 하기 위해서 현재의 나침반을 이용한 방법으로는 불가능함을 알고, 삼각함수와 광파원리를 이용한 안테나 방향, Tilt 각도 등의 안테나 위치 제원 자동측정 기술구현 개발로 인하여 안테나의 설치작업이 종전의 지도와 나침반에 의한 방식에서 자동측량방법으로 변경됨에 따라 안테나 공사 현장에서는 안테나 시공의 정확성이 구현되고, 운용 현장에서는 송수신 안테나의 정확한 설치와 조정작업이 가능하며 또한 정확한 안테나 데이터를 체계적으로 관리, 무선망 설계 및 Field 최적화 작업에 효율적으로 활용이 가능하게 되었다

[ 참고 문헌 ]

[1]제1편 일반측량

측량 및 지형공간 정보 기사 예문사, 오창수

[2]응용측량학, 형설출판사, 박용운

[3]측량공학, 박영사, 유복모

[4]Advanced Engineering Mathematics. Wiley,  
Erwinkreyszig