

IMT-2000용 이중 편파 다이버시티 능동형 안테나

이학용*, 윤찬의**, 이종철*, 김남영*, 김종현*, 이병제*
광운대학교 전파공학과 마이크로파 안테나 연구실*
한국통신 가입자망연구소 **

Active Array Antennas for IMT-2000 Base Station By Using Dual-Polarization Diversity

Hak-yong Lee*, Chanui Yun**, Byungje Lee*
Microwave Antenna Lab

Department of Radio Science & Engineering, Kwangwoon University*
Access Network Lab, Korea Telecom**

요 약

본 논문은 차세대 이동 통신인 IMT-2000(International Mobile Telecommunication -2000)용 기지국에 장착될 사용되어 질 이중 편파 다이버시티 안테나를 개발하는데 있다. 내용은 이중 편파 다이버시티를 이용한 안테나의 대역폭과 port간 격리도 및 방사 패턴을 설계와 제작을 통해 알아보았고, 안테나 후면에 전력 증폭기를 장착시켜기 위하여 EIRP(Effective Isotropic Radiated Power) 를 중심으로 송신 출력을 계산 하고 이런 계산식을 바탕으로 전력 증폭기를 안테나 후면에 장착하여 실제 공간상에서 안테나를 통해 방사되는 출력 전력을 실험을 통해 알아보았다.

I. 서 론

원하는 곳 어디서든지 상대방과의 송, 수신을 가능케 해주는 차세대 이동 통신인 IMT-2000은 현재 미국, 일본, 유럽, 한국 등 세계 여러 나라에서 활발히 연구 중인 이동 통신 서비스이다. IMT-2000 시스템의 마이크로셀 환경에서, 전파는 굴절, 회절 등 여러 경로를 통해 전파하는 다중경로에 의한 페이딩이 발생하게 되며, 이로 인하여 통신 시스템의 성능을 저하시키는 결과를 가져오게 된다. 이러한 열악한 이동통신 채널에서의 다중신호와의 간섭등을 제거한 양호한 신호를 수신 할 수 있는 편파 다이버시티 안테나의 개발은 필수적이라 할 수 있고 특히 지금 개발하려고 하는 이중 편파 다이버시티 안테나의 개발이 중요한 이유는 다음과 같다.

가. 기지국 설치비용 절감

Cellular 와 PCS 대역의 기지국의 안테나는 공간 다이버시티를 사용하고, 이 방식은 3개의 안테나를 설치 할 수 있는 상판을 요구하므로 두 수신안테나간의 거리가 약 3 m 정도로 안테나 설치 탑의 크기가 커지는 단점이 있다. 그래서 이중 편파를 이용하여 편파 Diversity를 구현하면 각 섹터당 한 개의 안테나만이 필요하게 되고 철탑 대신 값싼 강관주로 대체 할 수도 있게 되어 설치비용 크게 절감 할 수 있다.

나. 전력의 효율성과 높은 안정성

기존의 기지국 안테나는 수동 안테나와 고출력 증폭기 그리고 고 전력증폭기를 통과한 신호가 동축케이블을 통하여 안테나 커넥터에 연결되는 구조를 갖고 있다. 이 경우 케이블 손실로 인하여 송신 전력의 절반 가까운 손실이 생기는데 이것을 감안하여 전력증

폭기의 출력을 필요한 송신 전력의 2배 가까이 늘려야 한다. 그만큼 전력증폭기의 값이 비싸지고 이것을 생각시키기 위한 부대 비용도 더 들어가게 된다. 이것을 개선하기 위하여 본 연구에서 제안된 패치 배열 능동형 안테나의 단일 안테나 각각의 후면에 전력증폭기와 저 잡음 증폭기 및 듀플렉서 위상 편이기 등을 바로 집적시켜 구현한다. 이렇게 하면 값싼 분산형 소형 전력증폭기를 이용하여도 충분한 EIRP (Patch 개수의 제곱에 비례)를 얻을 수 있으므로 제작비를 절감 할 수 있고 한 두개의 증폭기가 고장 나더라도 시스템의 성능이 약간만 떨어지므로 안테나의 안정성을 유지 할 수 있다.

다. 운용 유지 비용 절감

전기적 수직/수평 방향 틸트각을 원격 제어가 가능하게 조정함으로써 운용 유지 비용 절감할 수 있다

라. 도시 미관 개선

크기도 기존의 안테나 보다 작고, 철탑이나 강관주 대신 고층건물의 외벽에 원하는 색터의 안테나를 한 개만 설치하면 되므로 도시 미관을 개선할 수 있다.

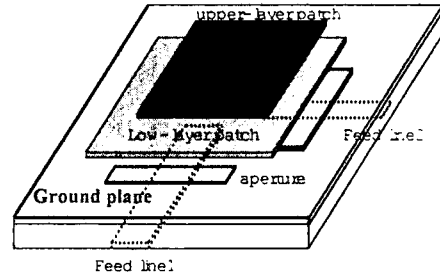
마. 공간 다이버시티 대비 좋은 성능

편파 다이버시티 기법이 공간 다이버시티 기법과 비교해서 1-5dB정도 높은 다이버시티 이득을 가진다. 이 편파 다이버시티 기법은 실외환경뿐 만 아니라 실내 환경에서도 효과적으로 사용되어질 수 있는 다이버시티 기법이다[1].

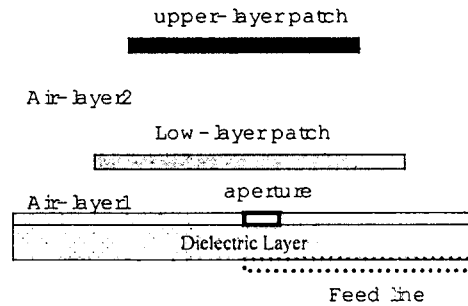
II 마이크로스트립 패치안테나의 구조

마이크로 스트립 패치 안테나는 다양한 모양과 소형이며 각종 시스템에 적용 가능한 형태의 안테나이다. 이런 마이크로 스트립 패치 안테나 특징 때문에 본 논문에서도 마이크로 스트립 패치 안테나를 이용하여 이중 편파 다이버시티 안테나를 구현하였다. 마이크로 스트립 패치 안테나는 일반적으로 TM₀₁ 모드 패치에서 방사된다[2]. 그러나 하나의 패치로 IMT-2000시스템의 대역폭을 만족하기에는 그다지 쉬운 일은 아니다. 설령 대역폭을 만족하더라도 이중 편파 다이버시티 안테나를 만족하는 다른 요구사항을 모두 만족 시킬 수가 없다. 그래서 본 논문에서 광대역폭과 이중 편파 다이버시티를 구현할 수 있는

안테나 구조를 알아보려고 한다.



가. 3차원 구조



나. 측면도

그림 1 이중 편파 다이버시티 안테나 구조

여러가지 구조가 있으나, 적층형 개구면 급전 형태를 갖는 이중 편파 패치안테나[3]와 응용된 개구면 급전 형태를 갖는 이중 편파 패치 안테나[4], 개구면 (aperture) 급전과 프로브(probe) 급전을 갖는 이중 편파 안테나[5] 등을 제시할 수 있다. 이런 세 가지 구조에서 IMT-2000 시스템의 기지국용 안테나로서 가장 적합한 구조인 적층형 개구면 급전 형태를 갖는 이중 편파 패치 안테나의 구조를 바탕으로 본 논문을 기술하려고 한다. 그림1은 이중 편파 다이버시티를 얻을 수 있는 형태이다. 적층형 개구면 형태를 갖는 이중 편파 다이버시티 안테나는 공진 모드를 갖는 아래의 기본 패치를 기준으로 하여 위의 패치 (upper layer patch)는 아래의 패치(lower layer patch)와의 상호 coupling을 고려하여 위의 패치의 크기와 높이를 조절하여 주파수와 대역폭을 결정할 수 있다. 그리고 이중 편파 다이버시티를 구현하기 위해 패치의 급전을 두개의 개구면으로 이루고 각각의 정사각형 패치 안테나를 ±45°로 기울여 이중 편파 다이버시티를 구현하였다. 이런 형태의 안테나 구조는 대역폭 확보를 위하여 multi-layer를 사용하고 수신 전용과 송/수신 겸용으로 이루어진 두개의

port를 사용되고 있다. 그리고 여기에서 중요하게 다루어야 할것은 port 간의 격리도를 위해 두개의 개구면 급전선의 배치를 고려하여 설계 되었다.

III. 전력 증폭기의 출력 계산

이동통신 시스템에서 송신 전력을 결정하는데 사용되는 EIRP(effective isotropic radiated power) 를 중심으로 송신 RF 단의 Link Budget을 계산할 수 있다[6]. 그림2은 다중 빔 능동형 위상 배열 안테나의 출력의 불력도이고, EIRP와의 관계는 다음과 같이 표현할 수 있다.

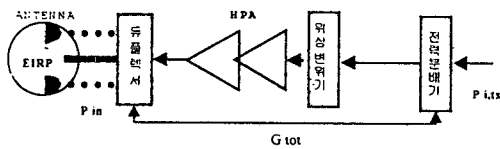


그림 2 송신 출력의 불력도

$$EIRP = P_{in} \text{ dBm} + 10 \log N^2 + G_{patch} \text{ dB}$$

P_{in} = 안테나에 입력되는 power

(전력 증폭기의 출력+RF 단의 손실)

N^2 = 안테나의 갯수

G_{patch} = 단일 이중 편파 안테나의 이득

위의 수식으로 구한 EIRP를 바탕으로 안테나의 갯수를 결정하고 난 다음 다른 RF 단의 duplexer, isolator, phase shifter, power divider 등의 손실을 고려하여 전력 증폭기만의 출력과 이득을 계산 할 수 있다. 다음은 본 논문과 관련하여 예로서 전력 증폭기만의 출력과 이득을 구하면 안테나의 갯수(N)는 16개이고 단일 패치의 안테나의 이득(G_{patch})은 5 dBi이고 요구되는 1200Watt EIRP 이득을 얻기 위해서는 단일 Patch에 인가되는 전력은 $P_{in} = 2.5 \text{ Watt}$ 이상이 되어야만 한다.

IV. 측정결과

이중 편파 다이버시티를 이용한 단일 패치 안테나는 FR4기판($\epsilon_r = 4.7$)을 사용하고 Multi-layer를 이용하여 lower-layer patch의 크기는 63mm이고 upper-layer patch의 크기는 53mm이다. 그리고

air-layer1의 높이는 6mm이고 air-layer2의 높이는 12mm로 제작하였고 aperture의 크기는 30mm·2.8mm이다. 그리고 급전선은 격리도를 확보를 위해 두개의 선을 45°씩 기울여 이격시켰다. 그림3는 안테나에 급전되는 두개의 port의 삽입손실과 격리도를 나타내고 그림4은 방사 패턴을 나타내고 있다. 위의 그림3에서 대역폭(V.S.W.R=1.5:1)은 중심 주파수 2 GHz에서 315MHz를 얻었고 port 간 격리도는 -15dB 이하의 결과를 얻었다.

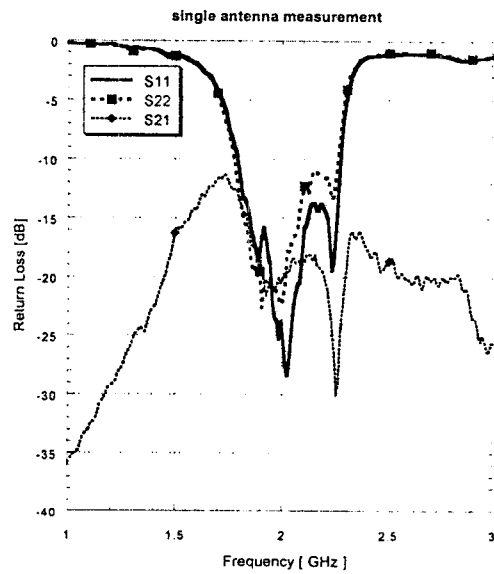
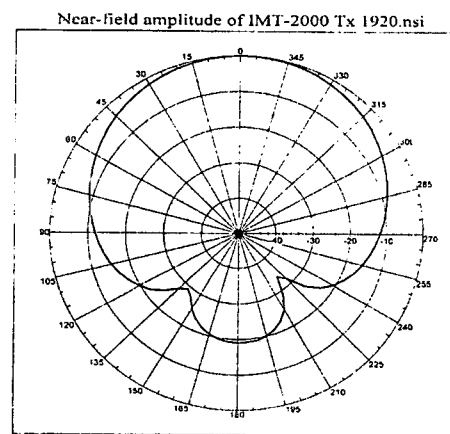


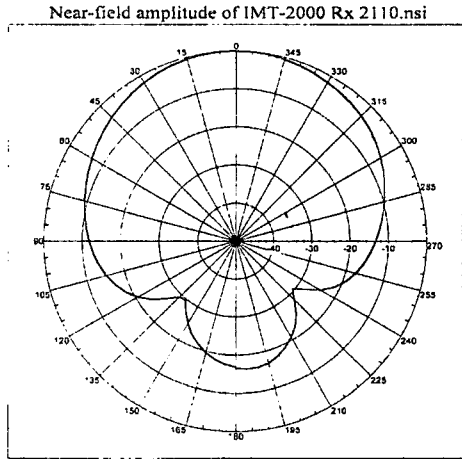
그림 3 두개의 port의 삽입손실 측정결과



(a) 1920 MHz

그림4은 단일 이중 편파 다이버시티 안테나의 수직 방사 패턴을 나타내고 있다. 주파수는 IMT-2000 주파수 대역 (1885MHz-2200MHz)중에 1920MHz 와

2110MHz 두개의 주파수를 선정하여 측정하였고 수직 반치각은 75°이고 전후 방비는 15dB이하 값을 얻었다.



(b) 2110 MHz

그림 4 수직 방사패턴

그림5는 단일 안테나와 안테나후면에 전력증폭기를 결합시켰을때 안테나에서 출력을 측정했을 때의 결과값이다.

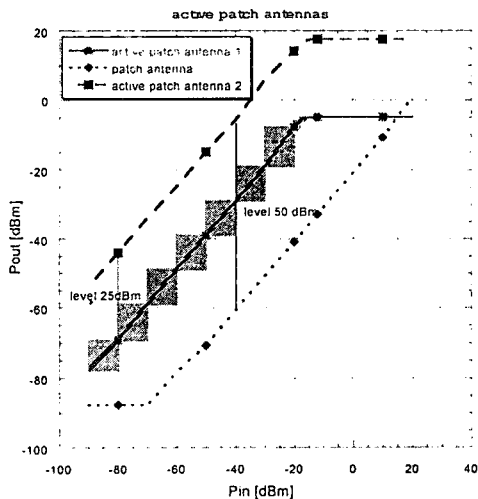


그림 5 단일 안테나와 능동형안테나의 출력비교

안테나와 안테나의 사이의 거리를 1m로하고 하나의 안테나는 Standard Horn 안테나로 하고 다른 안테나는 제작된 이중 편파 안테나로 하였다. 그리고 전력 증폭기는 출력은 3W이고 이득은 50 dB을 가지는

high power tech사의 IMT-2000용 전력 증폭기로 사용하였다. 그림5는 단일 안테나와 능동형 단일 안테나의 출력 비교이다. 이런 결과값은 Signal Generator의 송신 주파수는 2140MHz로 IMT-2000 송신 대역의 주파수를 하나 선택하고 안테나 급전부의 S11이 -14 dB 일때 측정된 값고 S11이 -8dB 일때의 값이다. 그림5를 분석해보면, active patch antenna 2일 경우 전력 증폭기의 출력이 손실이 없이 그대로 안테나를 통해 방사되므로 안테나로서 정상적으로 동작하는것을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문에서 IMT-2000용 이중 편파 다이버시티를 이용한 단일 패치 안테나를 제작 하였고, 이런 안테나 후면에 전력 증폭기를 장착시켜 안테나를 통해 출력되는 전력을 실험을 통해 알아보았다. 이런 이중 편파 다이버시티를 이용한 안테나가 향후 IMT-2000용 기지국에 사용되어질 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 이 영수 " 마이크로셀 환경에서의 편파 다이버시티 기법적용위한 파라미터 분석" 한국 전자과학회지 제11권 3호 pp.403-409
- [2] Balanis *Antenna theory and design* John & Wileys, INC. 1997.
- [3] D.Loffler, Y. Venot, W. Wiesbeck "low cost Broadband Antenna with SDMA Capability for next Generation PCS Base Stations " European Microwave Conference, pp.142-145 1999.
- [4] J.Christ,B Haubermann, U.Oehler " SHAPED BEAM AND HIGHLY DIRECTIVE MICROSTRIP ANTENNA ARRAYS FOR BROADBAND 3.5 GHZ POINT-TO-MULTIPOINT ACCESS SYSTEMS " European Microwave Conference. pp. 1-4 1999.
- [5] 김연정 " 광대역 이중공진 이중 편파 마이크로 스트립 안테나에 관한연구 " 마이크로파 및 전파학술대회 논문집 volume22, number1, pp.213-216 1999.
- [6] 김상기 "Multiple Beam Steering for Communication Base Station Antenna " 안테나 기술워크샵 발표 XII, 1998.