

고밀집 도심에서의 편파 다이버시티 성능 분석 연구

A Study on the Performance Evaluation of Polarization Diversity in Heavy Density Urban

임종태 · 김성진 · 권 범

Jong-Tae Ihm · Sung-Jin Kim · Bum Kwon

요 약

본 논문에서는 대표적인 고밀집 도심지역인 서울의 광화문 지역을 대상으로 이중 편파 안테나를 이용한 편파 다이버시티의 전파 전파 성능을 다이버시티 이득과 상호상관계수, 수신 채널의 평균 수신 신호 레벨에 대한 분석을 통하여 수행하였고 이의 결과를 공간 다이버시티 구조와 비교 분석하였다.

분석 결과, 가시 거리 지역에서는 공간 다이버시티 이득이 편파 다이버시티 이득보다 2 dB 이상 증가하며 전계를 지면에 대해 45°로 송신하는 경우보다는 90°로 송신하는 경우가 다이버시티 이득이 1 dB 큼을 알 수 있었다. 이와는 대조적으로 비가시 지역에서는 편파다이버시티의 경우가 공간 다이버시티와 대등하거나 운용 환경에 따라서는 오히려 다이버시티 이득이 증가함을 알 수 있었다. 또한 45°로 송신하는 경우가 90°로 송신하는 경우보다는 다이버시티 이득이 최소 1 dB 이상은 커짐을 확인할 수 있었다.

Abstract

In this paper, we analyzed the propagation characteristics of polarization diversity in the view of diversity gain, cross correlation coefficient and average received signal strength, and compared it with those of space diversity. From the results, we could confirm that in the care of line of sight(LOS), space diversity gain is bigger than polarization diversity gain by 2 dB and the diversity gain of mobile transmitting with 90 degree is bigger than that of mobile transmitting with 45 degree by 1 dB. However, in the area of non-line of sight(NLOS), the diversity gains were all most the same in two diversity schemes and in specular cases, polarization diversity showed better performances. Also it was verified that under the NLOS conditions, diversity gain of mobile transmitting with 45 degree was at least 1 dB bigger than that of mobile transmitting with 90 degree.

I. 서 론

셀룰라 이동전화가 보편화되면서 서비스 초기의 자동차용 전화기에서 근래에는 휴대용 단말기의 사용이 일반화되고 있다.

SK Telecom의 경우 95년 말에 휴대용 단말기

가입자가 164만명 이었으나 1997년 말에는 400여만 명에 이르고 있다. 이는 전체 가입자의 90%에 이르는 것으로서 기지국의 다이버시티 구조에 변화를 가져올 수 있는 근거를 제공한다. 즉 가입자의 이동용 단말기의 전파 송신 각도가 45°이상 기울어져 있는 특성을 이용한다면 종래의 수직 편파를 이용한 공간 다이버시티 구조에서 벗어나 이중 편파 안테

SK Telecom 중앙연구원(SK Telecom Central R&D Center)
· 논문 번호 : 980309-030
· 수정완료일자 : 1998년 6월 30일

나를 이용한 편파다이버시티 구성이 가능해진다.

교외 지역과 주거지역에 대한 선행시험으로서 대전의 외곽에 위치한 SK Telecom의 중앙 연구원을 중심으로한 편파 다이버시티 안테나의 전파전파 특성을 측정 한 결과에 의하면 편파 다이버시티 이득이 공간 다이버시티 이득보다 1~2 dB 저하됨을 확인할 수 있었다^{[1],[12]}.

본 논문에서는 실제로 이중 편파 안테나를 적용했을 경우 환경 친화적인 관점과 다중경로 반사의 영향이 큰 효과를 거둘 수 있는 대도시의 도심지를 대상으로 편파 다이버시티의 전파 전파 특성을 분석하고자 한다.

전파 전파 특성 분석을 위하여 다이버시티의 이득 및 수신 채널간의 상호 상관 특성을 누적확률분포(CDF)의 통계적 분석을 통해서 살펴보고 각 수신 채널 신호의 평균 수신 레벨 변화를 공간 다이버시티와 비교 분석하였다.

본 논문의 제 2장에서는 측정방법 및 데이터 처리 방법을 다루었고 제 3장에서는 수집된 데이터로부터 다이버시티 이득, 수신 채널간 상호 상관계수 및 수신 신호 레벨의 분석 결과를 토대로 편파 다이버시티의 성능을 평가하였고, 제 4장에 종합적인 결론을 서술하였다.

II. 시험 구성 및 데이터 처리

2-1 시험 절차

측정 대상 지역은 서울 광화문 지역으로, 기지국 수신안테나는 신문로 기지국에 설치되었다. 신문로 기지국은 전형적인 도심 밀집 지역으로 기지국 주변에 안테나보다 높은 건물들이 둘러싸고 있는 전형적인 마이크로셀 환경의 특성을 나타내고 있다.

그림 1은 신문로 기지국의 주변 지리와 측정 경로를 나타내고 있다.

측정 경로는 5개를 선정하였으며 경로별로 공간 다이버시티와 편파다이버시티에 대하여 동일한 측정 및 분석을 2회 반복 수행하였다.

경로 1은 광화문 사거리에서 광화문쪽으로 직진하는 500 m 정도의 구간으로 신문로 기지국에서 가시거리(LOS:line of sight)에 위치해 있다. 경로 2

는 종로 구청에서 종로쪽과 만나는 2차선의 500 m 구간으로 비가시거리(NLOS:none line of sight) 영역이다. 경로 3은 종로쪽에서 광화문 사거리까지의 500m 구간으로서 대로를 따라서 주변의 건물들이 도파관과 같은 구조로 밀집해 있으며 가시거리 영역이다. 경로 4는 미대사관과 한국 통신 사이에 위치한 2차선 도로를 따라 진행하는 약 500 m의 구간으로 비가시거리(NLOS:none line of sight)영역에 위치해 있다. 경로 5는 (구) 화신 백화점 측면 길을 따라 종로쪽을 향하고 있는 4차선 도로로 비가시 거리에 위치하고 있다.

수신 다이버시티용 안테나는 6층 높이의 건물에 간이 지지대를 이용하여 설치되었으며 이동국의 송신 출력은 경로 1에서는 10 dBm, 경로 3에서는 20 dBm 그리고 경로 2,4,5에서는 30 dBm을 사용하였다.

송신 안테나는 차량용 0 dBd 이득의 수직 편파 안테나를 차량의 지붕면에 설치하였으며, 차량 지붕의 전파와 간섭 영향을 최소화하기 위해서 차량 지붕에서 1 m 이상의 거리를 유지하여 측정하였다.

이동국의 송신 안테나는 그림 2에서 보여지는 것처럼 송신 전파의 편파 각에 따른 수신 다이버시티의 관련성을 측정/분석하기 위하여 송신 안테나를

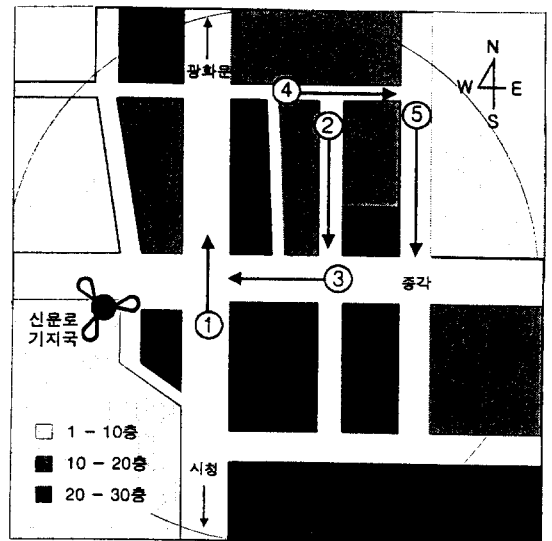


그림 1. 측정 경로

Fig. 1. Test routes.

수평면에서 90°와 45°의 기울기를 가질 수 있도록 설계되었다.

기지국의 수신 단에서는 dynamic range가 0 dBμV~80 dBμV인 두 대의 전계 강도 측정기를 사용하였다. 공간 다이버시티와 편파 다이버시티의 성능 비교를 위하여 신문로 기지국의 한 쪽 섹터에 그림 2에서 보는 것 처럼 공간 다이버시티용 안테나와 이중 편파 다이버시티 안테나를 설치하여 정해진 측정 경로에서 번갈아가면서 측정 결과를 수집하였다. 공간 다이버시티용 안테나는 D사의 11.5 dBi의 이득에 90°의 수평 반치각의 특성을 가지고 있으며, 이중 편파 안테나는 독일의 K사에서 제작한 15.5 dBi의 이득과 수평 반치각이 65°인 안테나와 A사의 17.5 dBi의 이득과 수평 반치각 70°의 안테나를 사용하였다.

데이터 취득시스템은 586급 PC와 12bit A/D 컨버터 및 데이터 처리 S/W로 구성되어 있다. 전계 강도 수신기로부터의 출력 데이터는 10kHz의 주파수로 샘플링되어 메모리에 저장되며 곧 바로 수신 신호에 대한 통계적 특성 분석을 수행할 수 있도록 되어 있다.

측정시의 차량 속도는 전 측정 구간에서 30 Km/hr 를 유지하였으며, 각 수신 채널당 5,000 샘플/초의 데이터가 메모리에 저장된다. 측정 시간은 측정 경로당 7초~10초 정도이며 채널 당 35,000

~50,000 개의 데이터를 수집하였다

2-2 다이버시티 이득 및 상관계수 분석

다이버시티 이득은 두 채널 신호가 합성된 신호와 두 채널 신호의 CDF 분포가 10% 확률(신호의 신뢰도가 90%)인 지점을 기준으로 한 신호 레벨의 개선 정도로서 정의되며, 본 실험에서는 두 채널 신호의 결합기법으로는 최대비 컴바이닝(maximal ratio combining)을 사용하였다.

수신된 두 채널간의 신호에서 컴바이닝된 결과로서 얻어지는 다이버시티 이득은 두 수신 신호간의 상호 상관도에 밀접한 영향을 받는다.

수신된 신호간의 상관계수를 계산하기 위해서 수신 신호로부터 신호간의 상관성이 높은 장구간 페이딩 성분은 제거하고 단구간 페이딩 성분만을 추출한다. 수신 신호로부터 단구간 페이딩 성분을 구하기 위해서는 먼저 장구간 페이딩 성분을 구해야 하는데 이를 위해서 일반적으로 널리 사용되는 이동창(Sliding Window)방법을 사용하였다^[3]. 데이터 수집시의 차량 속도가 30km/hr였으므로 30 λ의 창(Window)의 크기를 고려하여 최적 창의 크기를 1,250 샘플로 결정하였다.

이렇게 구해진 장구간 페이딩 성분에 대해 수신 신호를 정규화하게 되면 원하는 단구간 페이딩 성분을 구할 수 있다.

구해진 정규화된 단구간 페이딩 성분으로부터 신호간의 상관계수 ρ는 식 (1)에 의해서 구해질 수 있다.

$$\rho = \left[\frac{\text{Covariance}(x,y)}{\sigma_x \sigma_y} \right] = \frac{\sum_1^N [p_{i1}(t) - \bar{p}_1(t)][p_{i2}(t) - \bar{p}_2(t)]}{\sqrt{\sum_{i=1}^N [p_{i1}(t) - \bar{p}_1(t)]^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N [p_{i2}(t) - \bar{p}_2(t)]^2}} \quad (1)$$

여기서,

$p_{i1}(t)$ 는 i 번째 샘플그룹의 채널 1에 대한 정규화된 신호 전력이며,

$p_{i2}(t)$ 는 i 번째 샘플그룹의 채널 2에 대한 정규화된 신호 전력이며,

$\bar{p}_1(t)$ 와 $\bar{p}_2(t)$ 는 샘플그룹 내에서 채널 1, 2에 대한 각각의 평균값이다.

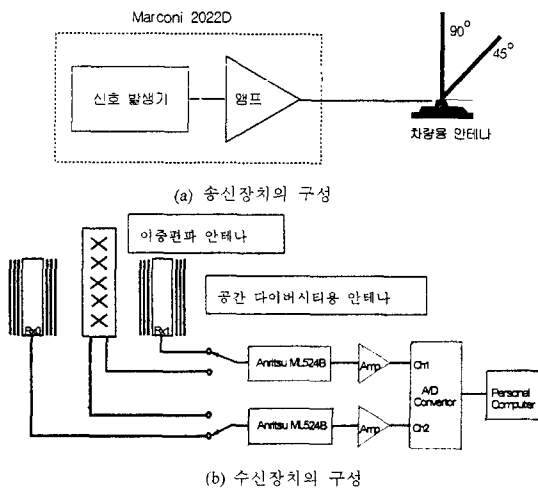


그림 2. 송수신 장치의 구성

Fig. 2. Block diagram of transceiver.

III. 결과분석

3-1 다이버시티 이득

본 실험에서 선택한 서울의 광화문 지역은 전형적인 대도시의 밀집지역의 특성을 가지고 있다. 선택된 5개의 측정 경로별로 동일한 조건에서 공간 다이버시티와 편파 다이버시티의 각각에 대해서 2번씩의 반복적인 측정을 수행하여 결과를 분석하였다. 다이버시티 이득을 비교하기 위하여 수신 신호로부터 누적 확률 분포 함수(CDF)를 구하여 앞서 정의된 것처럼 신뢰도가 90% 지점에서 컴바이닝된 결과와 비교하여 다이버시티 이득을 구하였다. 그림 5~그림 9는 편파 다이버시티에 대해 각 경로별로 측정된 결과를 바탕으로 구해진 신호 레벨의 CDF와 컴바이닝된 결과의 CDF를 보여주고 있다.

각 측정 경로에서 송신 안테나의 송신 각도에 따른 공간 및 편파 다이버시티 이득은 표 1에 나타나 있다.

측정 결과로부터 경로 2, 4, 5의 비가시거리에서 측정된 경우는 송신안테나가 45°로 송신하는 경우에 편파 다이버시티가 공간 다이버시티보다 최대 2.86 dB까지 다이버시티 이득이 증가함을 확인할 수 있다. 또한 90°로 송신하는 경우에도 공간다이버시티에 비하여 성능이 크게 저하되지는 않고 운용 환경에 따라 오히려 다이버시티 이득이 증가하는 경우도 있음을 알 수 있다. 즉, 편파 다이버시티는 자동차용 이동전화보다는 휴대용 이동전화 환경에 더욱 적합함과 동시에 도심지의 밀집 환경에서는 차량용 이동전화에 사용해도 다이버시티의 이득 저하

가 발생하지 않음을 결론지을 수 있다.

경로 1, 3과 같은 가시거리 영역에서 측정된 결과는 A사 안테나와 K사 안테나가 서로 상반된 결과를 나타내어 확일적으로 결론짓기는 어려운 상태지만, 비가시 지역에서 보다는 다이버시티 이득의 개선효과가 떨어질 가능성을 보여주고 있다. 하지만 가시지역에서는 직접파가 도달할 가능성이 크므로 전반적인 페이딩현상이 감소하여 수신감도 저하에는 크게 문제가 되지 않는다. 공간 다이버시티의 경우 경로 1에서는 90°로 송신하는 경우가 45°로 송신하는 경우보다 다이버시티 이득이 1 dB 정도 증가하고, 경로 3의 경우에는 변화가 없음을 알 수 있다. 그 이유는 경로 3의 경우는 기지국 수신안테나를 바라보면서 송신 안테나 각도가 차량 진행 방향으로 45° 혹은 90°로 설정되므로 실제로는 90°로 안테나가 서 있는 상태와 같은 형상을 나타내기 때문이다.

3-2 상관계수 분석

그림 5~그림 9는 공간 다이버시티와 편파 다이버시티 안테나의 두 수신 채널간의 신호 상관계수로서 경로 1과 경로 5에 대한 분석 결과이다.

식 (1)을 이용하여 분석할 경우에 설정된 한 그룹 내의 샘플 수는 2,400개이다.

경로 1의 공간 다이버시티 경우, 송신 안테나가 45°로 송신할 경우에 상관계수는 0.5이내에 90%가 존재하며, 90°로 송신할 경우는 0.3이내에 90%가 존재한다. 따라서 공간 다이버시티의 경우에는 90°로 송신하는 전파 환경에서 다이버시티 이득이 커질 가능성이 있다.

K사 안테나의 경우는 45°로 송신하는 경우에는

표 1. 대도시 밀집지역에서의 편파 다이버시티 이득 비교

Table 1. Polarization diversity gain comparison in heavy density urban

송신각도:(45deg./90 deg.),단위 :[dB]

항 목	공간다이버시티		편파다이버시티(A Ant).		편파다이버시티(K Ant)	
	1차	2차	1차	2차	1차	2차
측정경로 1	3.33 / 4.29	3.45 / 4.54	6.19 / 2.38	6.19 / 2.38	0.47 / 1.42	0.47 / 1.42
측정경로 2	3.81 / 3.81	3.81 / 3.81	5.3 / 4.3	5.3 / 4.3	2.86 / 3.33	3.81 / 2.86
측정경로 3	2.38 / 2.38	2.38 / 2.38	4.36 / 1.9	3.81 / 1.43	1.43 / 2.86	1.67 / 1.90

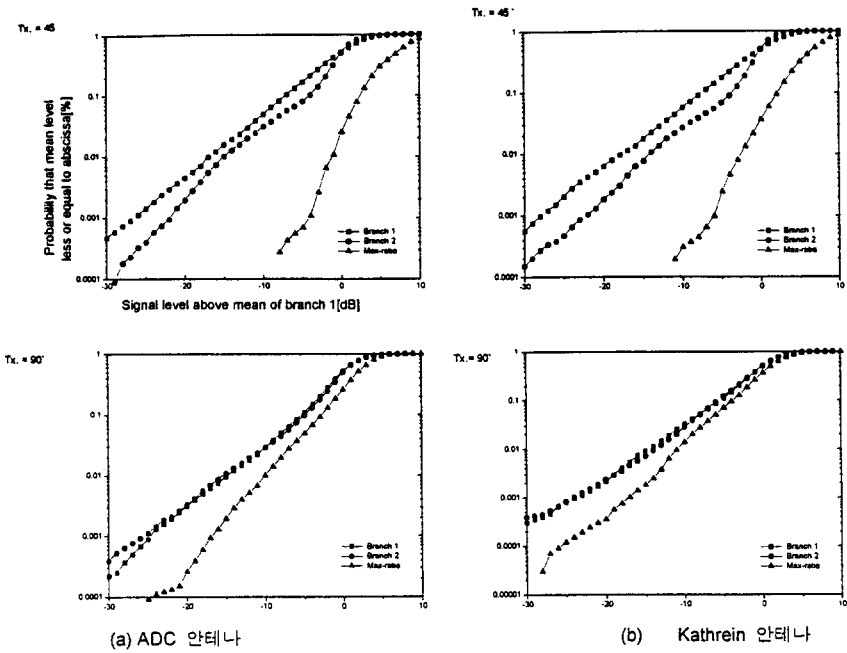


그림 3. 경로 1에서의 다이버시티 이득 CDF
 Fig. 3. Diversity gain CDF at route 1.

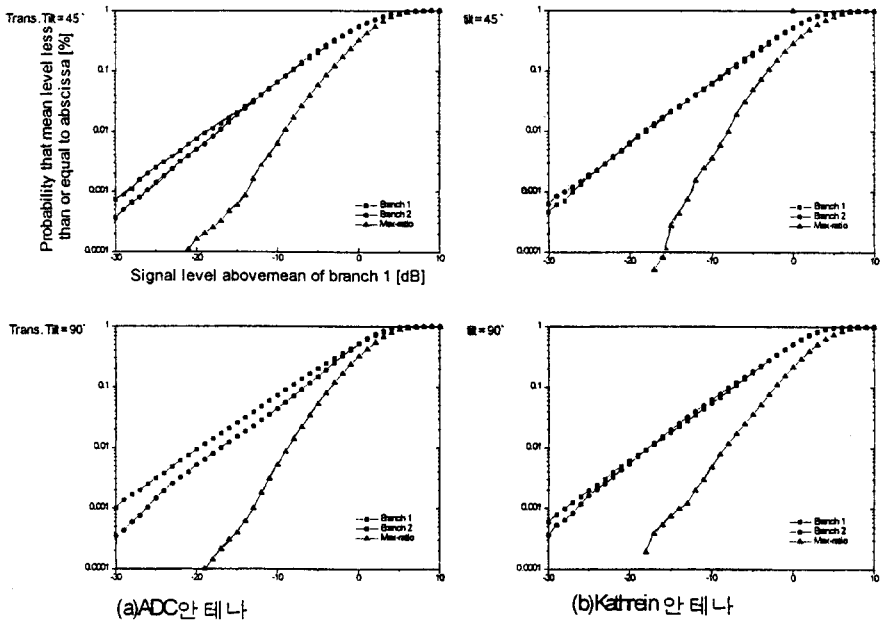


그림 4. 경로 5에서의 다이버시티 이득 CDF
 Fig. 4. Diversity gain CDF at route 5.

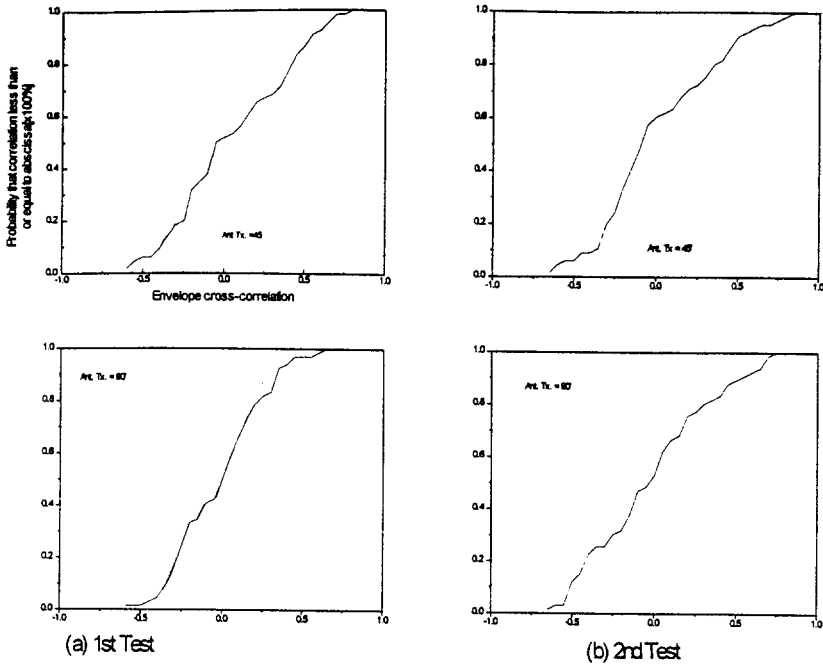


그림 5. 경로 1에서의 공간 다이버시티 상호상관 계수 CDF
 Fig. 5. Cross correlation coefficient CDF of space diversity at route 1.

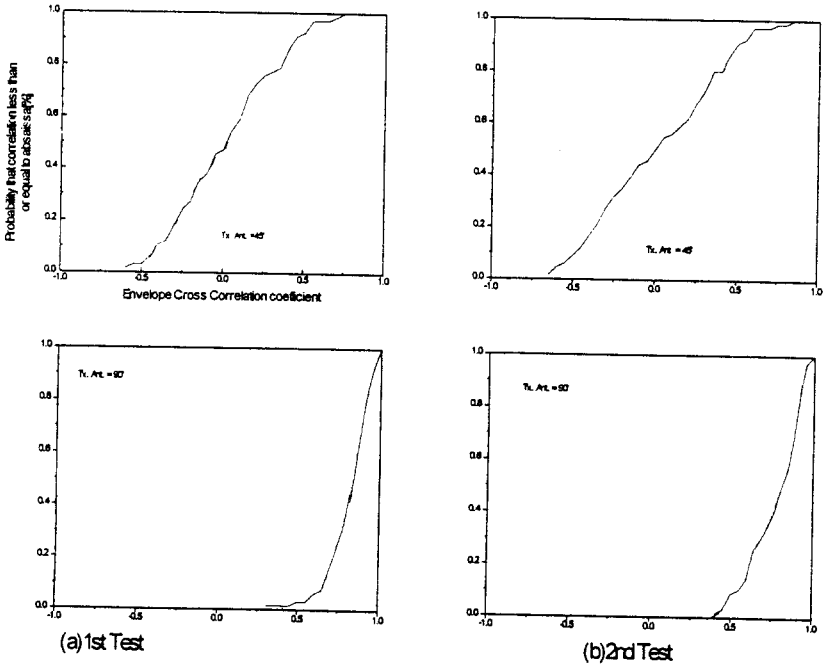


그림 6. 경로 1에서 편파 다이버시티 상호상관 계수 CDF (K사 안테나)
 Fig. 6. Cross correlation coefficient CDF of polarization diversity at route 1 (K Ant.).

상관계수가 0.5이내에 90%가 존재하며, 90°로 송신하는 경우는 0.9이내에 90%가 존재한다. 그러므로 45°로 경사진 편파 다이버시티 안테나는 휴대용 전화기를 사용하는 환경에서 보다 높은 다이버시티 이득을 나타낼 가능성이 있음을 알 수 있다. 그러나 표 1에서 보이는 것처럼 실제로 다이버시티 이득 분석을 해본 결과는 90°로 송신하는 경우가 45°로 송신하는 경우보다 다이버시티 이득이 1 dB 정도 높음을 알 수 있다. 이에 대한 원인은 다음의 표 2에서 알 수 있듯이 경로 1에 대한 K사 안테나의 측정 결과로부터 45°로 송신하는 경우에는 두 수신 채널간에 수신 신호 레벨의 차이가 17 dB 정도로 매우 크며, 이와는 대조적으로 90°로 송신하는 경우에는 5 dB 이내로서, 두 수신 채널간의 수신 신호 레벨이 차이가 클 경우는 상관계수가 작더라도 다이버시티 이득이 감소하기 때문이다.

A사 안테나의 경우는 45°로 송신하는 경우에는 상관계수가 0.4이내에 90%가 존재하며, 90°로 송신하는 경우는 0.7이내에 90%가 존재하는 분포를 나타낸다 또한 수신 신호 레벨의 차이가 45°로 송신하는 경우는 6 dB 이내로 90°로 송신하는 경우는 4 dB 이내로서, 두 수신 채널간의 수신 신호 레벨의 차이가 크지 않으므로 45°로 송신하는 경우가 90°로 송신하는 경우보다 다이버시티 이득이 증가한다.

경로 5에서 공간 다이버시티의 경우 그림 7에서 보여지는 것처럼 45°로 송신하는 경우가 90°로 송신하는 경우보다 상관계수가 0.2 정도 작은 값으로 분

포함을 알 수 있다. 또한 편파 다이버시티의 경우에도 45°로 송신하는 경우가 90°로 송신하는 경우보다 상관계수 값이 작게 분포하며 그 차이가 공간 다이버시티의 경우보다는 훨씬 큰 0.4 이상의 분포를 가짐을 그림 8과 9에서 확인할 수 있다. 즉 서울과 같은 대도시의 밀집 지역에서는 편파 다이버시티 구조를 적용할 경우가 기존의 공간 다이버시티 수신보다 두 수신 신호간의 상관계수 값을 줄일 수 있음을 알 수 있다.

3-3 수신 신호 레벨 분석

일반적으로 다이버시티 이득은 수신 신호 채널간의 상호 상관계수의 크기와 평균 수신 레벨의 차이에 의하여 결정된다. 즉, 두 수신 신호간의 상호 상관계수 값의 크기가 작더라도 수신 채널간의 평균 수신 신호 레벨의 차이가 6 dB 이상 날 경우에는 다이버시티 이득이 크게 증가하지 않음을 확인할 수 있었다.

가시거리 영역의 경로 1, 3의 경우를 비교해 보면 공간 다이버시티의 경우 송신 안테나 각도가 45°와 90° 모두에서, 수신 채널간의 신호 레벨 차이가 6 dB이내에 분포함을 알 수 있다. 이와는 달리 편파 다이버시티 안테나중에서 K사 안테나의 경우에는 경로 1의 시험에서 45°로 송신하는 경우에 두 수신 채널간의 평균 수신 레벨의 차이가 17 dB 이상인 반면에 90°로 송신하는 경우는 5 dB 정도임을 알

표 2. 가시거리 (경로 1,3)에서의 평균 수신 신호 레벨

Table 2. Average received signal level of route 1 and 3 (Line of sight)

송신각도 : (45deg./90deg), 단위: [dBm]

	경로 1				경로 3			
	1회차		2회차		1회차		2회차	
	Ch.1	Ch.2	Ch.1	Ch.2	Ch.1	Ch.2	Ch.1	Ch.2
공간	-51.6/ -46.3	-56.7/ -52.0	-51.5/ -45.8	-56.9/ -51.7	-51.4/ -40.8	-58.3/ -47.8	-49.0/ -38.1	-55.2/ -46.0
편파(A)	-65.5/ -47.7	-59.4/ -51.1	-51.6/ -46.8	-47.2/ -50.4	-48.2/ -41.2	-52.9/ -44.3	-50.0/ -37.5	-55.9/ -43.9
편파(K)	-43.2/ -47.1	-59.5/ -52.1	-43.0/ -50.0	-60.0/ -54.5	-48.7/ -41.0	-56.2/ -46.0	-48.8/ -40.8	-55.6/ -45.4

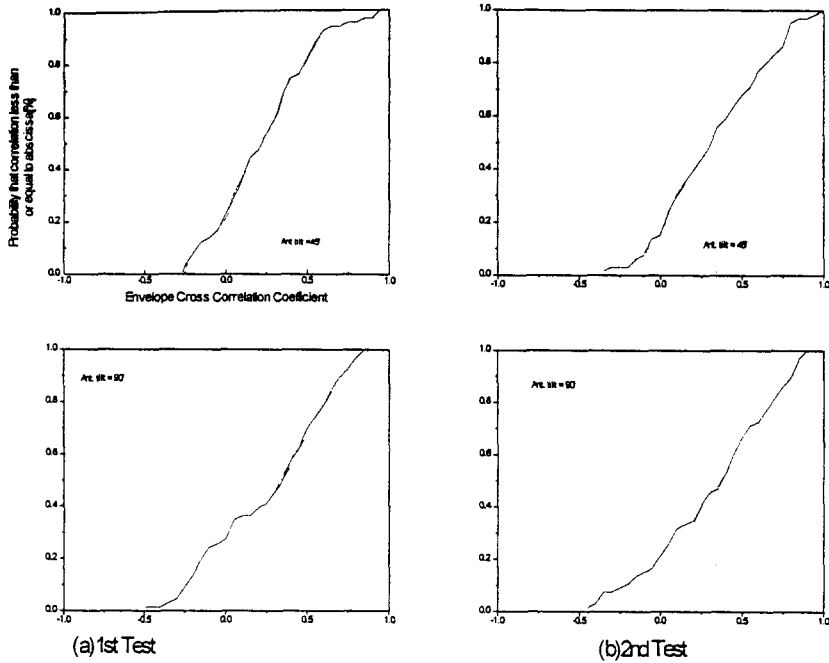


그림 7. 경로 5에서의 공간 다이버시티 상호상관 계수 CDF

Fig. 7. Cross correlation coefficient CDF of space diversity at route 5.

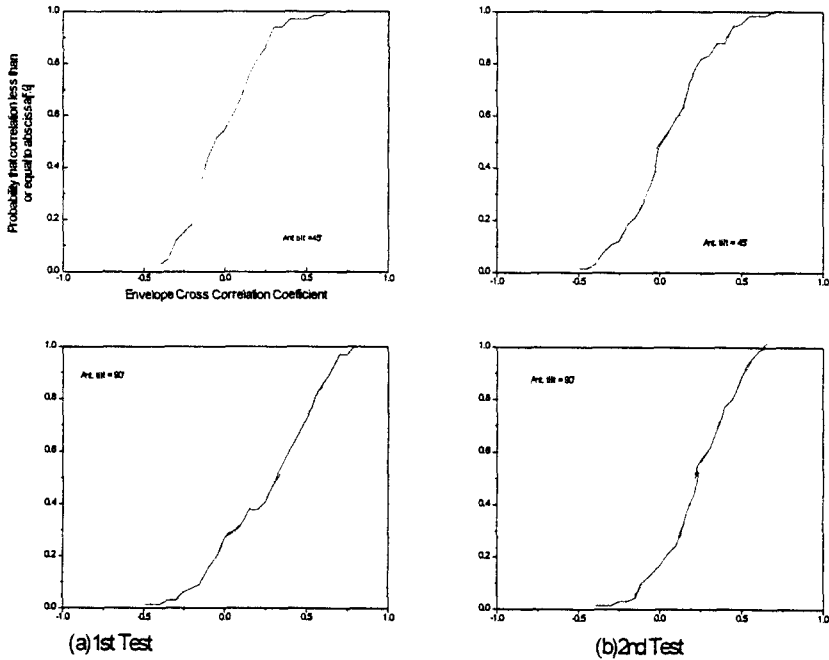


그림 8. 경로 5에서의 편파 다이버시티 상호상관 계수 CDF(A사 안테나)

Fig. 8. Cross correlation coefficient CDF of polarization diversity at route 5(A Ant.).

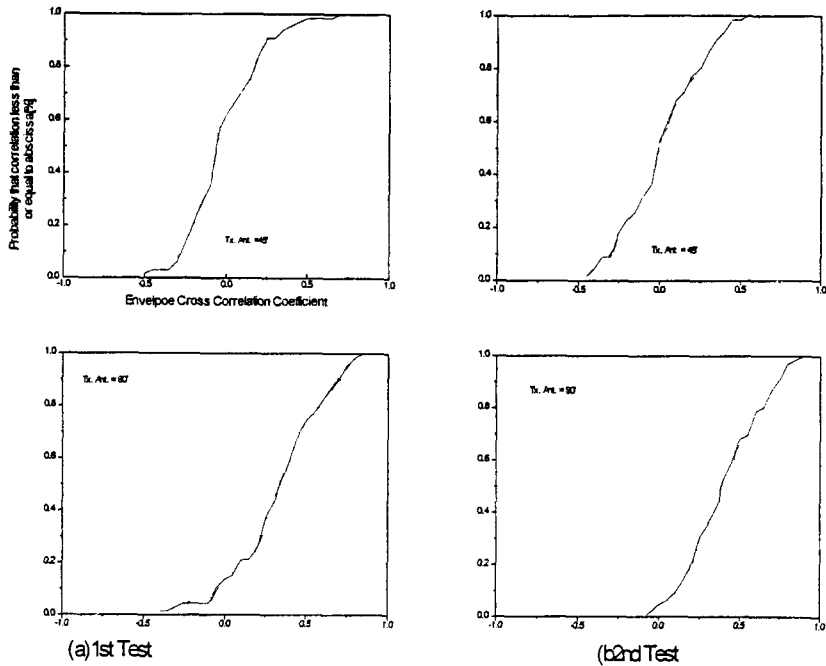


그림 9. 경로 5에서의 편파 다이버시티 상호상관 계수 CDF(K사 안테나)

Fig. 9. Cross correlation coefficient CDF of polarization diversity at route 5(K Ant.).

수 있고, 이의 결과로부터 90°로 송신하는 경우가 다이버시티 이득이 증가할 가능성이 있음을 예측할 수 있다. 경로3의 경우에는 A사 안테나나 K사 안테나 모두 45° 및 90° 송신에서 두 수신 채널간의 평균 수신 신호 레벨의 차이가 6 dB이내로 분포함을 알

수 있고 이 경우 다이버시티 이득은 수신 신호간의 상호 상관계수의 크기에 의존하게 된다.

표 3의 비가시거리 경로에서의 실험 결과 공간 다이버시티나 편파 다이버시티 모두의 경우에 있어서 수신 채널간의 평균 수신 신호 레벨의 차이는 6 dB

표 3. 비가시거리(경로 2,4,5)에서의 평균 수신 신호 레벨

Table 3. Average received signal level of route 2,4 and 3 (Non line of sight)

송신각도: (45deg./90deg), 단위: [dBm]

	경로 2				경로 4				경로 5			
	1회차		2회차		1회차		2회차		1회차		2회차	
	Ch.1	Ch.2	Ch.1	Ch.2	Ch.1	Ch.2	Ch.1	Ch.2	Ch.1	Ch.2	Ch.1	Ch.2
공간	-70.1/ -64.0	-75.1/ -69.5	-71.5/ -65.7	-76.0/ -70.5	-70.7/ -61.9	-76.4/ -67.5	-70.8/ -61.6	-77.1/ -66.8	-71.1/ -64.3	-76.7/ -70.1	-69.8/ -65.3	-75.3/ -71.8
편파 (A)	-84.5/ -67.6	-87.7/ -70.0	-69.8/ -67.5	-72.8/ -70.0	-71.3/ -64.9	-73.7/ -69.8	-71.2/ -63.6	-74.0/ -69.0	-70.6/ -69.3	-73.8/ -68.2	-71.1/ -68.6	-73.6/ -68.1
편파 (K)	-65.7/ -63.5	-71.0/ -67.9	-65.4/ -63.2	-70.9/ -67.9	-68.4/ -63.0	-73.7/ -66.1	-68.7/ -62.5	-73.8/ -65.8	-67.8/ -63.9	-72.5/ -69.0	-68.3/ -61.9	-72.9/ -68.7

이내에 분포함을 확인할 수 있다.

또한 공간 다이버시티와 편파 다이버시티 사이의 수신 채널간의 평균 수신 신호 레벨의 차이를 분석한 결과, 경로 1, 3의 가시거리 지역에서는 편파 다이버시티의 평균 수신 신호 레벨이 공간 다이버시티의 경우보다는 3 dB 정도 감소하지만, 경로 2, 4, 5의 비가시거리 지역에서는 상호간의 평균 수신신호레벨의 차이가 나지 않음을 알 수 있다. 즉 대도시의 도심환경에서는 단말기의 송신 전력이 증가하지 않음을 확인할 수 있다.

IV. 결 론

대도시 밀집 지역의 대표적 특성을 지니고 있는 서울의 광화문에 위치한 신문로 기지국을 중심으로 한 편파 다이버시티 안테나를 측정된 결과 가시거리 지역에서는 공간 다이버시티의 경우가 편파 다이버시티 이득보다 2 dB 이상 증가하며, 45°로 송신하는 경우보다는 90°로 송신하는 경우가 다이버시티 이득이 1 dB를 알 수 있었다. 이와는 대조적으로 도심지의 비가시 지역에서는 편파 다이버시티의 경우가 공간 다이버시티와 대동하거나 운용 환경에 따라서는 오히려 다이버시티 이득이 증가함을 알 수 있었다. 또한 45°로 송신하는 경우가 90°로 송신하는 경우보다는 다이버시티 이득이 최소 1 dB 이상은 커짐을 확인할 수 있었다.

상호 상관계수 분석 결과 가시거리 지역에서는 공간 다이버시티의 경우 90°로 송신하는 경우가 45°로 송신하는 경우보다는 상호 상관계수의 크기가 작은 값으로 분포하며, 편파 안테나의 경우에는 45°로 송신하는 경우가 90°로 송신하는 경우보다 상호 상관계수의 값이 작음을 알 수 있었다. 또한 비가시 지역에서는 공간 다이버시티의 경우에는 45°로 송신하는 경우가 90°로 송신하는 경우보다 상관계수가 0.2정도 작은 분포를 가지며 편파 다이버시티의 경우에는 45°로 송신하는 경우가 90°로 송신하는 경우보다 0.4정도 작은 분포를 가짐을 알 수 있었다. 수신 채널의 평균 수신 신호 레벨의 분석 결과, 비가시 지역에서는 편파 다이버시티의 경우 45°로 송신하는 경우에 두 수신 신호의 평균 수신레벨 차이가 17 dB 이상 되어 수신 신호간의 상호 상관계

수가 작은 값을 가짐에도 불구하고 다이버시티 이득이 작게 되어 다이버시티 이득은 수신 채널간의 평균 신호 레벨의 차이에도 크게 영향을 받음을 확인할 수 있었다. 또한 공간 다이버시티와 편파 다이버시티의 경우에 각 수신 채널의 평균 수신신호 레벨의 차이를 분석한 결과 비가시 지역에서는 두 다이버시티간에 평균 수신 신호 레벨의 차이가 존재하지 않음을 확인할 수 있었다.

본 실험의 분석 결과로부터 편파 다이버시티 수신 구조는 대도시의 밀집 지역에서는 그 특성을 충분히 발휘 할 수 있고 환경 친화적인 안테나 구조로서 실제 이동전화 서비스에 적용 가치가 충분하다고 판단을 내릴 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 임종태, 김성진, 유봉국, 권범, 김생수, 김성우, "셀룰라대역에서의 Two-branch 공간다이버시티와 편파다이버시티의 성능 비교분석 (I)", *SK Telecom Technical Journal*, pp 39-60, Sep. 1997.
- [2] A. M. D.Turkmani, A. A. Arowojolu, P. A. Jefford, and C. J. Kellett, "An experimental Evaluation of the Performance of Two Branch Space and Polarization Diversity Schemes at 1800MHz," *IEEE Trans. on V. T.*, vol. 44, no. 2, pp. 318-326, May 1995.
- [3] William C. Y. Lee, "Estimate of Local Average Power of a Mobile Radio Signal," *IEEE Trans. on V. T.*, vol. VT-34, no. 1, pp. 22-27. Feb. 1985.
- [4] Rodney G. Vaughan, "Polarization Diversity in Mobile Communications," *IEEE Trans. on V. T.*, vol. 39, no. 2, pp177-186, Aug. 1990.
- [5] F. Adachi, M. T. Feeney, A. G. Williamson, and J. D. Parsons, "Cross-correlation between the envelopes of 900 MHz signals received at a mobile radio base station site," *IEE Proc.*, vol. 133, Pt. F,

no. 6, Oct. 1986.

[6] W. C. Jakes Ed., *Microwave Mobile Communications*, IEEE Press, 1993.

[7] William C. Y. Lee, Yu S. Yeh, "Polarization Diversity System for Mobile Radio," *IEEE Trans. on Comm.* vol. com-20, no. 5, pp. 912-923, Oct. 1972.

[8] 임종태, 권범, 김성진, 김주완, 김생수, "고밀도 도심환경에서의 편파 다이버시티 전파특성 연구," 한국해양정보통신학회, 97추계종합학술대회, pp. 222-pp. 227, 1997.

[9] S. R. Todd, M. S. El-tanany, and S. A. Mahmoud, "Space and frequency diversity measurements of the 1.7 GHz indoor

radio channel using a four branch receiver," *IEEE Trans. Vehic. Tech.* vol. 41, no. 3, pp. 312-320, Aug. 1992.

[10] R. G. Vaughan, "Polarization diversity in mobile communications," *IEEE Trans. Vehic. Tech.* vol. 39, no. 3, pp. 177-186, Jan. 1990.

[11] D. Parsons, *The Mobile Radio Propagation Channel*, Pentech Press, 1992.

[12] 임종태, 김성진, 유봉국, "교외 및 주거지역에서의 편파 다이버시티 전파전파 특성 연구," 한국전자과학회 논문지, vol. 9, no. 3, pp. 369-pp. 377, July 1998.

임 종 태



1986년 2월 : 연세대학교 전자공학과 (공학사)
 1988년 2월 : 연세대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1993년 2월 : 연세대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
 1993년 11월~현재 : SK Telecom 중

앙연구원(수석연구원)

1998년 2월~현재 : 정보통신연구관리단 전파방송기술평가실(실장)

[주 관심분야] 이동 전파전파, 이동통신 시스템 엔지니어링, 안테나 공학

김 성 진

1995년 : 한양대학교 전자공학과(공학사)
 1997년 : 한양대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1997년~현재 : SK Telecom 중앙연구원 상품고도화그룹(전임연구원)

권 범



1987년 : 한양대학교 전자통신과(공학사)
 1989년 : 한양대학교 대학원 전자통신과(공학석사)
 1989년 2월~1993년 11월 : 국방과학연구소(연구원)
 1993년 11월~현재 : SK Telecom 중

앙연구원 상품고도화그룹(선임연구원)