

# 실내무선 환경에서 XPD를 고려한 최적편파 다이버시티의 브랜치 구성에 관한 연구

## A Study on the Branch Composition of an Optimum Polarization Diversity by Considering XPD in Indoor Radio Environments

하덕호 · 이주현 · 윤영석

Deock-Ho Ha · Ju-Hyon Lee · Young-Seok Yoon

### 요 약

본 논문에서는 실내 무선환경에서 최적 편파 다이버시티를 구성하는 방안을 제시하기 위하여 먼저 이론적 해석을 통하여 교차편파식별도(XPD : Cross Polarization Discrimination)를 해석하고 이를 실제 측정 데이터와 비교하였다. 그 결과 아직까지 본 연구실에서 가장 좋은 편파 다이버시티로 확인된 바 있는 원형편파안테나로 송신하고 수직, 수평편파안테나로 수신하는 경우(CV-CH)의 교차편파식별도(XPD)는 수직편파안테나로 송신하고 수직, 수평편파안테나로 수신하는 경우(VV-VH)와 수평편파안테나로 송신하고 수평편파, 수직편파안테나로 수신하는 경우(HH-HV)보다 우수함을 확인하였다. 본고에서는 더 좋은 CV-CH 편파다이버시티 구성을 위해 수신단에서 교차편파식별도(XPD) 값만큼 보상하여 누적확률분포도를 통한 다이버시티 효과를 평가하였다. 그 결과 보상을 하여 교차편파식별도(XPD) 값을 낮게 한 경우가 보상하지 않은 경우보다 상당한 다이버시티 효과가 있음을 확인하였다. 한편, 송신측의 원형편파 안테나의 축 비를 교정하여 타원편파 안테나로 구성하고, 수신측에서 수평 및 수직 안테나로 수신하면 신호간의 교차편파식별도(XPD)가 최소화되어 편파다이버시티 효과를 향상시킬 수 있음을 알 수 있었다.

### Abstract

In this paper, in order to suggest an optimal polarization diversity composition method in indoor radio wave propagation environments, the variation of the cross polarization discrimination(XPD) was theoretically analyzed by a computer simulation and compared to the actual measured data. From the results, it can be seen that the cross polarization discrimination of the case, a circularly polarized antenna was used at the transmitting end as well as the vertical and horizontal polarized antenna branches were used at receiving end(CV-CH), is lower than that of the case, horizontal polarized antenna at the transmitting end as well as the horizontal and vertical polarized antenna branches at the receiving end(HH-HV), and that of the case, vertical polarized antenna at the transmitting end as well as the vertical and horizontal polarized antenna branches at the receiving end(VV-VH). In this paper, to get more effective CV-CH polarization diversity composition, the

「본 논문은 1998년도 한국과학재단의 핵심전문연구비(981-0915-077-1)로 수행되었음.

부경대학교 정보통신공학과(Dept. of Telematics Engineering, Pukyung National University)

· 논문 번호 : 981222-032

· 수정완료일자 : 1999년 2월 22일

amount of cross polarization discrimination values at the signals received by horizontal polarized antenna is compensated and the polarization diversity effect through the cumulative probability distribution is estimated. From the evaluation results, it was found that the polarization diversity effect was better at the compensated case than at the uncompensated case. On the other hand, it can be known that the polarization diversity effect is getting better as the cross polarization discrimination values are getting lower, and also be known that the effect can be improved if a transmitting antenna is composed of the ellipse polarized antenna by adjusting the axial ratio of the circularly polarized antenna and, a receiving antenna is made up of the vertical and horizontal polarized antenna branches.

## I. 서 론

실내 전파전파환경에서 휴대용 단말기를 사용하는 이동무선통신과 고정 무선통신의 경우는 단말기의 안테나 편파를 그대로 유지하기가 매우 곤란하게 되고 또한 창문에서의 산란 및 벽면에서의 반복적인 반사 효과로 인하여 송수신 전파의 편파면이 수시로 변하게 된다. 따라서, 송수신 전파의 편파면이 수시로 변화하고 안테나의 편파를 그대로 유지하기가 곤란한 환경에서는 편파 다이버시티 수신법을 고려하지 않으면 안된다. 최근, 실외 이동무선통신의 경우에 있어서도 편파가 자주 변화하는 환경을 대상으로 하여 기지국에서 공간 다이버시티보다는 편파다이버시티 수신법을 많이 사용하고 있는 추세이다<sup>[1],[2]</sup>. 또한, 높은 주파수를 이용할 경우에 있어서 교차편파차별도(XPD : Cross Polarization Discrimination) 값이 작게 되며 편파 다이버시티 수신 방식이 보다 효과적이라는 보고 사례도 있다<sup>[3]</sup>.

그러나 이와 같은 연구사례는 수직편파 전파에 의한 연구사례이며, 본 연구팀에 의해 원형편파 안테나에 의한 편파 다이버시티와는 그 의도하는 바가 다르다. 본 연구팀은 지금까지 실내 무선 환경에서 협대역 및 광대역신호의 다중경로 페이딩을 경감시켜 광대역 고속무선전송을 위한 기초단계 연구로 편파 다이버시티 기법을 연구해 왔다<sup>[4]~[7]</sup>. 이에 편파 다이버시티 효과를 평가하는 방법으로써 브랜치간 수신신호의 상호 상관계수에 의해 평

가하였다. 그 결과 CV-CH 브랜치에 의한 편파 다이버시티 수신 방식에서 상관계수 값이 가장 낮았고, 그때의 편파 다이버시티 효과가 가장 좋았으나 전파환경에 따라 항상 같은 결과가 아님을 알 수가 있었다. 따라서 본 고에서는 정확한 편파 다이버시티를 평가해 보기 위해 XPD를 추가 적용시켜 평가해 보았고, 그 결과 상관계수값이 낮아 편파다이버시티 효과가 좋았던 CV-CH 경우가 XPD 값도 낮았으며 그 이유를 이론적으로 해석한 결과 원형 편파의 편파특성이 좋기 때문임을 알 수가 있었다. 또한, 최적의 편파다이버시티를 구성하기 위해서는 XPD 값이 적어지도록 다이버시티 브랜치를 구성해야 하고, 가시거리(LOS : line-of-sight) 조건 보다 산란 및 회절 그리고 반사파가 많이 발생하는 비가시거리(NLOS : non-line-of-sight) 전파환경에서 그 사실을 확실하게 파악할 수 있었다<sup>[8]</sup>.

본 논문에서는 최적 편파다이버시티를 얻기 위해 XPD 값이 최소가 되도록 하는 방법으로 송신 안테나의 축 비를 달리하는 방법과 수신측에서 XPD 값만큼 보상하는 경우에 대하여 검토 해석하였다. 특히 편파 다이버시티 방식은 공간 다이버시티 방식에서의 안테나 분리에 의한 설치상의 어려움과 하드웨어 중복성 등을 극복할 수 있는 방법으로 송신측 또는 수신측에서의 편파와 편파특성을 적절히 이용하여, 브랜치간 수신 신호간의 XPD가 최소화하도록 하면 공간 다이버시티보다 우수한 효과를 얻을 수가 있다. 따라서 본 논문에서는 XPD 값을 적게 하는 방법으로써 측정된 광대역

데이터를 이용하여 수신측에서 시뮬레이션에 의해 XPD 값을 보상한 후 편파다이버시티 효과를 평가하여 그 타당성을 확인하였다. 본 논문의 구성은 2장에서 원형편파의 구성조건과 편파손실계수(PLF; Polarization Loss Factor)를 이용하여 원형편파의 편파손실특성을 이론적으로 증명하고, 원형편파가 반사시 좌선화 원형편파가 되어 동일편파로 송수신하는 경우(CC)가 다중경로 페이딩 경감특성이 있음을 설명한다. 3장에서는 편파다이버시티를 평가하는 방법에 있어 상관계수뿐만 아니라 교차편파식별도(XPD)를 추가 적용하여 평가해야 됨을 설명하고 있다. 4장에서는 실내 무선전파 환경(LOS)에서 입사각에 따른 반사계수와 편파손실계수만을 이용하여 이론적인 XPD를 평가하고 있다. 5장에서는 더 좋은 편파 다이버시티를 구성하기 위해 XPD 값만큼 보상하여 편파 다이버시티를 평가해 보았다. 6장에서는 본 논문의 결과 및 고찰과 더불어 차후 연구 과제에 대한 언급으로 결론을 맺는다.

## II. 편파 특성

### 2-1 원형편파 · 타원편파 구성조건

전파의 진행방향을 바라보고 있을 때, 전계가 변화하는 모양에 따라 수직, 수평, 원형, 타원편파 등으로 구분하며, 전계를 크기와 방향만을 갖는 벡터의 형태로 다음 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다<sup>[9]</sup>.

$$\hat{E} = |A| e^{-j(kz+a)} \hat{a}_x + |B| e^{-j(kz+b)} \hat{a}_y \quad (1)$$

여기서,  $k$ 는 전파정수이고  $z$ 는 파의 진행방향을 나타낸다. 또한,  $\hat{a}_x$ 와  $\hat{a}_y$ 는 수평편파와 수직편파의 단위 벡터를 각각 나타내고 있다. 식 (1)에서 수평 및 수직편파의 진폭  $|A|$ 와  $|B|$ 의 크기가 같고, 위상차가  $\pm \frac{\pi}{2}$ 일 경우 즉,  $|A|=|B|$ ,  $a=0$ ,  $b=\pm \pi/2$ 일 때 원형편파가 되지만 각각의

진폭  $|A|$ 와  $|B|$ 의 크기가 서로 다를 경우 즉,  $|A| \neq |B|$ ,  $a=0$ ,  $b=\pm \pi/2$ 일 때는 타원편파로 구성이 된다.

### 2-2 편파손실계수(PLF: Polarization Loss Factor)

일반적인 자유공간의 전파환경에서 수신안테나에 입사되는 입사파의 편파는 반사, 산란, 회절 등 여러 요인으로 인해 수신안테나의 편파가 완전하게 일치되기는 매우 어렵다. 이러한 경우에 편파손실이 발생하고 수신안테나로부터 유입되는 입력신호의 전력량은 최대가 될 수 없다. 이때, 수신안테나에 수신되는 입사파의 전계벡터( $\hat{E}_i$ )와 수신안테나의 전계벡터( $\hat{E}_a$ )는 다음 식 (2)과 같이 표현할 수 있다.

$$\hat{E}_i = \hat{\rho}_w E_i, \quad \hat{E}_a = \hat{\rho}_a E_a \quad (2)$$

여기서,  $\hat{\rho}_w$ 와  $\hat{\rho}_a$ 는 수신안테나와 입사파의 단위벡터를 각각 나타낸다.

그림 1은 수신안테나에 입사되는 입사파의 편파가 안테나의 편파와  $\phi_p$ 만큼 불일치했을 때를 도시하고 있다. 이때, 그림 1에서와 같이 입사파의



그림 1. 입사파의 단위벡터  $\hat{\rho}_w$ 와 수신 안테나편파의 단위벡터  $\hat{\rho}_a$

Fig. 1. Polarization unit vector of incidence wave  $\hat{\rho}_w$  and receiving antenna  $\hat{\rho}_a$ .

편파와 안테나의 편파가 불일치 되어 생기는 편파 손실계수(PLF)은 다음 식(3)와 같다<sup>[10]</sup>.

$$PLF = |\widehat{\rho}_w \cdot \widehat{\rho}_a^*|^2 = |\cos \phi_p|^2 \quad (3)$$

여기서,  $\phi_p$ 는 두 단위벡터 사이의 각이고  $\widehat{\rho}_a^*$ 는  $\widehat{\rho}_a$ 의 공액 복소수이다. 결국, 식 (3)로부터 알 수 있듯이 안테나 전계편파와 입사파 전계 편파가 동일할 때, 편파손실계수(PLF)의 크기는 1이 되고 안테나로부터 이론적인 최대 전력의 신호를 얻을 수 있다.

### 2-3 원형편파의 반사 특성

일반적으로 수직 및 수평편파의 경우, 입사각  $\theta$ 에 대한 반사계수  $R_{Ve}^{j\theta_V}$  및  $R_{He}^{j\theta_H}$ 는 아래 식과 같다.

$$R_{Ve}^{j\theta_V} = \frac{n^2 \cos \theta - \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}}{n^2 \cos \theta + \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}} \quad (4)$$

$$R_{He}^{j\theta_H} = \frac{\cos \theta - \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}}{\cos \theta + \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta}} \quad (5)$$

여기서,  $n$ 는  $n^2 = \epsilon_2 - j_2 \frac{\sigma}{\omega \epsilon_0}$ 로 주어지는 굴절률이고  $\epsilon_2$ 는 반사체의 비유전율이다. 또한  $\sigma_2$ 는 매질의 도전율을 나타내고  $\epsilon_0$ 는 자유공간 유전율을 의미한다.

그림 2는 주파수 1.29875 GHz, 반사체의 비유전율이 6.76인 경우의 수직편파와 수평편파의 반사계수 크기의 절대치와 위상각의 변화모양을 나타낸다. 그림 2의 (a)에서  $R_V$ 는 수직편파 반사계수 크기변화를,  $R_H$ 는 수평편파의 반사계수 크기변화를 나타낸다. 또 그림 2의 (b)에서  $\phi_V$ 는 수직편파의 위상각 변화를,  $\phi_H$ 는 수평편파에서의 위상각 변화를 나타낸다. 그림 2의 (b)에서 알 수 있듯이 수평편파가 반사되는 경우에는 위상이 180° 바뀔 수 있다. 따라서 수직, 수평편파가  $\pi/2$

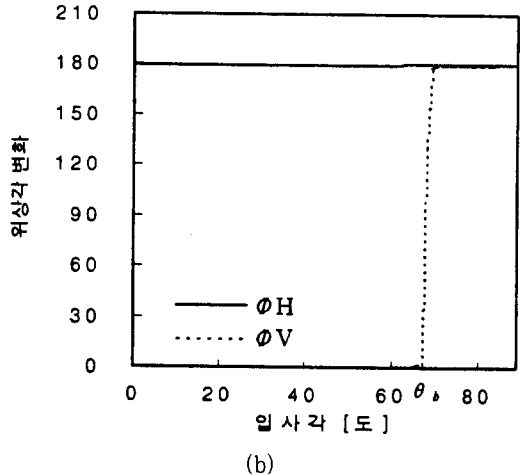
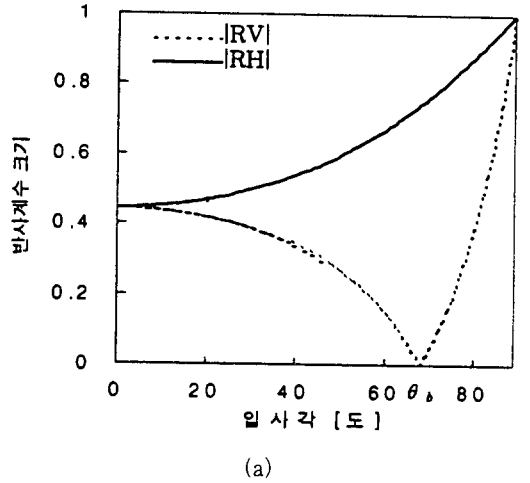


그림 2. 입사각에 따른 반사계수의 크기 및 위상의 변화. (a) 반사계수 변화, (b) 위상의 변화  
Fig. 2. Variations of the reflection coefficient and phase according to the incidence angle. (a) Variation of the reflection coefficient, (b) Phase variation

위상차로 합성된 우선회 원형편파는 반사할 때 선회 방향이 바뀌어 좌선회 원형편파가 되므로 우선회 원형편파로 송수신(CC)하는 경우는 기수회 반사파 즉, 좌선회 원형편파를 수신할 수 없어 다중경로 페이딩을 경감시키는 효과가 있음을 실제 측정된 데이터를 통해서도 비교 확인하였다<sup>[11]</sup>.

한편, 본 연구에서 1.2 GHz 주파수대를 선택한 이유는 비교적 측정이 용이한 아마추어 무선주파수대이기 때문이며, 현재 2.4 GHz 주파수대 전파특성에 대해서도 검토가 추진 중에 있다.

### Ⅲ. 편파 다이버시티 효과의 평가 방법

실내 무선환경에서 다중경로 파의 억제 수신방법은 2장에서 설명한 바와 같이 가시거리 환경에서는 원형편파만에 의해서도 페이딩을 경감시킬 수 있지만, 비가시거리 환경에서는 편파 다이버시티에 의해 페이딩을 보다 효과적으로 경감시킬 수 있다<sup>[4]</sup>. 다이버시티는 수신안테나의 두 브랜치가 서로 상반되는 비상관 특성을 강하게 보일 때 그 효과가 좋게 나타나게 된다. 편파 다이버시티의 경우에도 두 개의 편파 안테나의 수신 특성이 서로 상반될수록, 즉 두 브랜치의 상호 상관계수가 작아질수록 다이버시티 효과는 크게 나타나게 된다. 따라서 지금까지는 편파 다이버시티 효과를 분석함에 있어서 상호 상관계수를 비교하여 다이버시티 효과를 설명하였다. 그러나 상호 상관계수를 사용하여 다이버시티 효과를 평가하는 것은 공간 다이버시티처럼 두 브랜치의 평균 수신 전계강도가 유사한 경우에는 잘 적용이 될 수 있지만, 편파 다이버시티처럼 두 브랜치의 평균 수신 전계강도에 차이가 있을 경우에는 상호 상관계수만으로는 평가하기가 곤란하다. 즉, 상관계수가 낮다고 하여 반드시 편파 다이버시티 효과가 좋을 것이라고 단정할 수 없다<sup>[12]</sup>.

또한, 실내 비가시 거리환경에서 이동 측정<sup>[5]</sup> 수신신호 강도를 나타내는 그림 5는 상호 상관계수는 동일하지만(상관계수=0.089923) 교차편파 식별도가 다른 신호의 특성을 보여주고 있다. 그림 3의 (a)는 비교적 편파의 특성이 잘 변하는 환경에서의 신호 특성으로 교차편파 수신안테나에 의한 수신 특성이 동일 편파 수신안테나에 의한 수신 특성과 비교하여 전계강도가 크게 차이가 나지 않

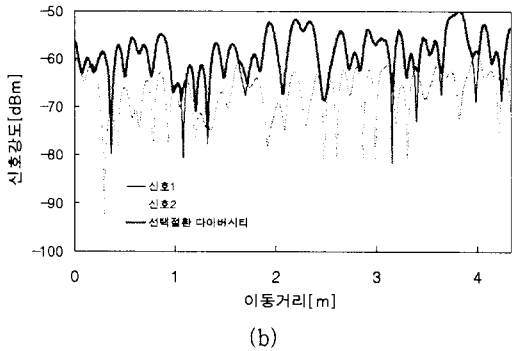
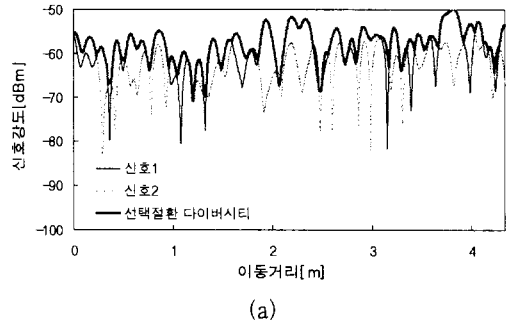


그림 3. 두 신호간의 상관계수는 동일하고 XPD가 다른 경우 선택 절환다이버시티 수신 결과  
(a) XPD가 2.88인 경우  
(b) XPD가 7.88인 경우

Fig. 3. Results of selection switching diversity between two signals which have same correlation coefficient and different XPD values.  
(a) In case that the value of XPD is 2.88,  
(b) In case that the value of XPD is 7.88.

는 경우이며, 그림 3의 (b)는 편파의 특성이 잘 유지되는 환경에서의 신호 특성으로 교차편파 수신안테나에 의한 수신 전계강도가 동일편파 수신안테나의 경우보다 상대적으로 매우 낮게 되는 경우의 편파 다이버시티 결과를 나타내고 있다. 그림 4에서 알 수 있듯이 상호 상관계수가 동일하여도 동일편파와 교차편파간의 수신전계강도의 차이인 교차편파 식별도가 너무 크면 다이버시티 효과가 떨어지게 됨을 알 수 있다. 이러한 결과로 볼 때 편파 다이버시티를 평가하는 방법으로 상호 상관

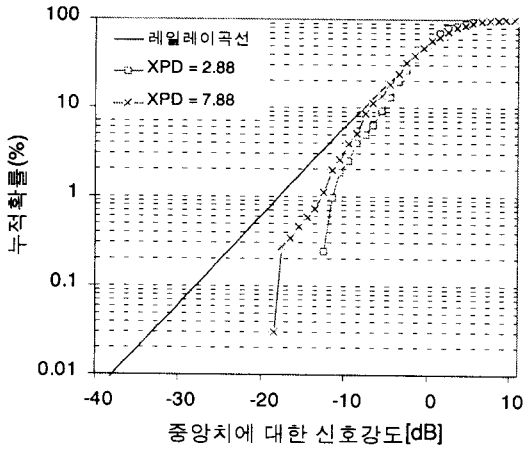


그림 4. 그림 3의 누적확률분포  
Fig. 4. Cumulative distribution of Fig. 3.

계수 외에 교차편파 식별도를 포함시켜야 함을 알 수 있다. 교차편파 식별도(XPD)는 일반적으로 다음과 같은 식으로 나타낸다<sup>[13]</sup>.

$$XPD = 10 \log_{10} \frac{\text{동일편파 안테나에 의한 수신전력}}{\text{교차편파 안테나에 의한 수신전력}}$$

#### IV. XPD의 이론적 평가

실제 무선전파환경에서의 XPD는 반사, 산란, 회절 등 여러 가지 요인들에 의해 영향을 받지만 본 고에서는 실내 가시거리 무선 전파 환경(LOS; line-of-sight)에서 입사각에 따른 반사계수와 편파 손실만을 고려하여 XPD를 이론적으로 평가하였다. 실내무선환경의 다중경로 전파 환경에서 수신안테나에 입사되는 P 번째 경로의 반사계수 크기  $\Gamma_{\theta p}$  를 식 (6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Gamma_{\theta p} = \prod_{n=1}^{K_p} \Gamma_{\theta pn} \quad (6)$$

여기서,  $K_p$ 는 반사횟수이고  $\Gamma_{\theta pn}$ 는 P경로의 n번째 반사의 반사계수 크기를 나타낸다. 이때, 식

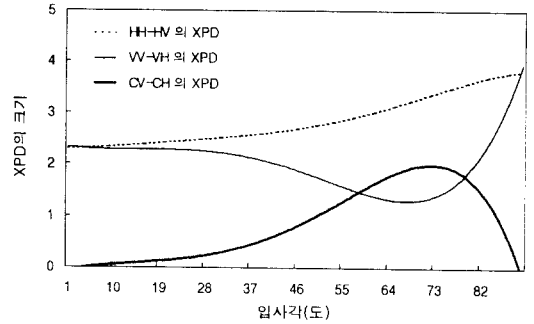


그림 5. CV-CH, VV-VH, HH-HV의 이론적인 XPD 변화(직접파 및 1회반사파 고려)  
Fig. 5. Theoretical XPD variations of CV-CH, VV-VH, HH-HV (Considering a direct wave and a first reflected wave)

(6)과 편파손실계수 식 (3)를 이용하여 다중경로 전파가 수신안테나에 입사되는 전계 크기는 식 (7)과 같이 나타낼 수 있다.

$$E_r = E_0 \sum_{p=1}^M \Gamma_{\theta p} \cdot |\cos \phi_p|^2 \quad (7)$$

여기서, M은 다중경로 전파의 수이다.

그림 5은 실내 무선 전파환경에서 직접파와 수직, 수평 편파성분이 천장, 바닥, 양 벽면에 1회 반사할 때의 반사계수 크기와 수직, 수평편파 안테나에 입사될 때 각각의 편파손실계수(PLF)를 이용하여 0°에서 90°까지의 입사각에 대한 CV-CH, VV-VH, HH-HV의 이론적인 XPD를 나타내고 있다. 그림 5에서 알 수 있듯이 원형편파 안테나로 송신하고 수신측에서 각각 수직 및 수평편파 안테나로 수신한(CV-CH) 신호세기 간의 차 XPD는 전반적으로 낮게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이는 CV경우는 동일편파인 원형편파의 수직편파 성분만 수신할 수 있는데 그림 2에서 알 수 있듯이 수직편파의 반사계수가 작으므로 반사에 의한 수신신호는 낮다. 그리고, CH의 경우에 있어서는 원형편파의 수평편파 성분만 수신할 수 있는데, 수평편파는 반사시 위상이 180° 반전되어 1회 반사파

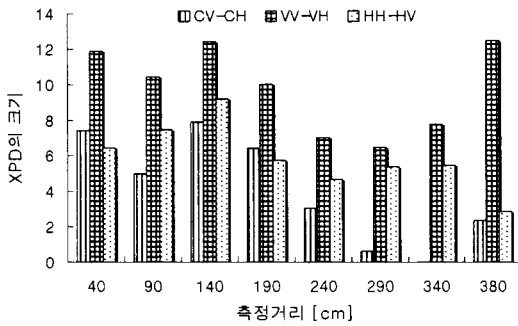


그림 6. 각 편파 다이버시티 브랜치의 XPD 크기  
 Fig. 6. Amplitude of XPD in each polarization diversity branches

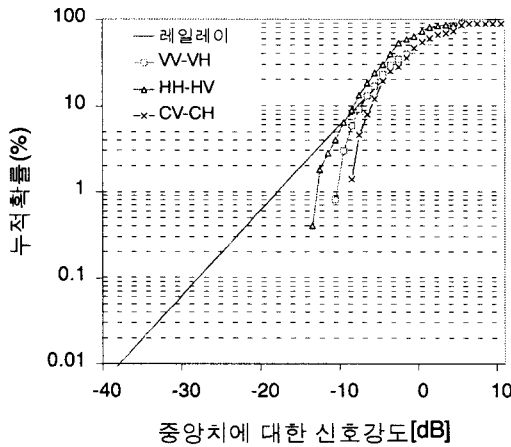


그림 7. 각 편파 다이버시티 브랜치의 누적확률 분포도  
 Fig. 7. Cumulative distribution of each polarization diversity branches.

는 수신되지 못하고 신호강도가 낮은 2회 반사시 수평편파 성분만이 수신되게 되어 CV의 경우와 큰 차가 없는 신호를 수신하게 된다. 이로 인해서 CV-CH의 XPD는 낮아지게 됨을 예측할 수 있다. 한편 그림 5 에서 brewster 각에 해당되는 69° 부근에서는 VV-VH의 경우 XPD가 가장 낮게 되는 이유는 그림 2의 수직 및 수평편파의 반사계수 변화에서 알 수 있듯이 brewster 각 부근에서는 수직 편파의 반사계수값이 0에 가깝게됨을 알 수 있다. 이는 VV로 송수신시 반사에 의해 수신되는 신호

의 세기는 0에 가깝고, 또한 VH의 경우에 있어서도 이론적으로 0이기 때문에 실제 수신시에는 XPD 값이 낮게 나타나는 것이다.

그림 6은 실제 광대역 측정<sup>[7]</sup>에서 얻은 CV-CH, VV-VH, HH-HV, 의 경우에 대하여 각각 교차편파식별도(XPD)의 크기를 평가하여 히스토그램으로 보여주고 있다. 그림 5 및 그림 6의 이론적인 결과와 실제측정치의 비교에서 알 수 있듯이 CV-CH의 XPD 크기가 가장 낮음을 알 수 있었다. 이론과 실제측정을 통해 XPD 값을 비교할 수 있었으며, 그림 7에서 알 수 있듯이 누적확률분포도를 통하여 편파다이버시티 효과를 평가한 결과 XPD가 가장 낮은 CV-CH의 경우가 가장 좋은 편파다이버시티임을 확인할 수 있었다.

### V. 최적편파 다이버시티 구성 방법

지금까지 가장 좋은 편파 다이버시티를 구성하는 방법으로는 송신측에서 원형편파 안테나로 송신하고 수직, 수평편파 안테나로 수신한(CV-CH) 경우의 편파 다이버시티가 가장 최적이었다. 본 논문에서는 CV-CH의 편파 다이버시티를 더 좋은 최적 다이버시티 조건으로 하기 위해 XPD값을 낮게 하는 방법으로 수신측에서 XPD 값만큼 보상한 후 편파 다이버시티를 컴퓨터 시뮬레이션에 의해 평가해 보았다. 그림 8은 CV, CH로 수신한 두 신호 중 CH로 수신한 경우에 대하여 XPD 값만큼 보상한 후, 선택 다이버시티한 신호강도곡선이며, 그림 9는 그림 8에서의 신호강도곡선중 XPD 값만큼 보상하지 않은 경우와 보상한 경우에 대하여 선택 다이버시티된 두 신호의 페이딩을 비교하기 위해 두 신호강도 곡선만을 추출하였다. 그림 10은 보상한 경우와 보상하지 않은 경우를 누적확률 분포도에 의해서 편파 다이버시티 효과를 비교하고 있다. 그림 10에서 알 수 있듯이 보상한 경우가 보상하지 않은 경우보다 약 3[dB] 정도의 편파 다이버시티 효과가 있음을 알 수 있다.

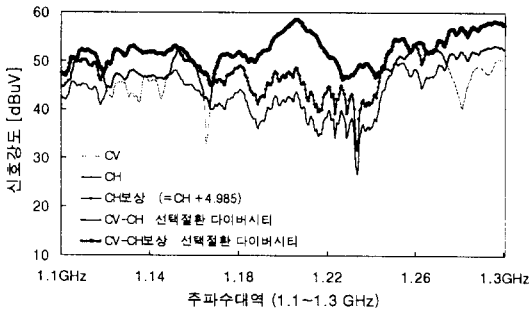


그림 8. XPD를 보상한 경우와 보상하지 않은 경우 신호강도 변동 특성

Fig. 8. Signal strengths when the values of XPD are compensated and not compensated.

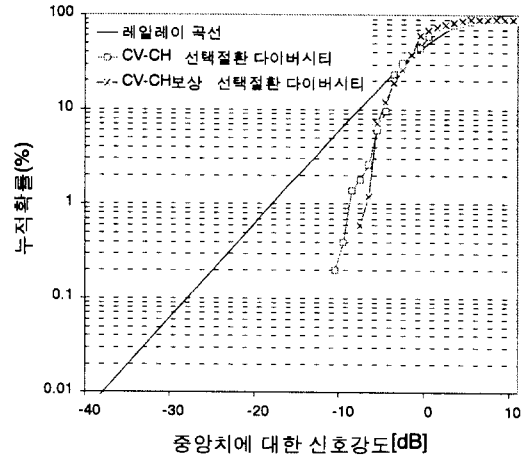


그림 10. 그림 9의 누적확률 분포

Fig. 10. Cumulative distribution of Fig. 9.

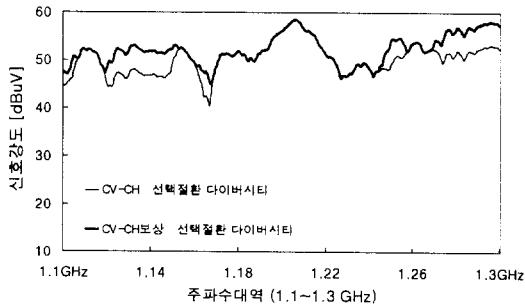


그림 9. XPD를 보상한 경우와 보상하지 않은 경우 신호강도 변동 특성

Fig. 9. Signal strengths when the values of XPD are compensated and not compensated.

따라서, XPD를 최소로 하기 위한 하드웨어적인 방법으로는 송신측 원형편파 안테나의 축 비를 달리한 타원편파 안테나로 구성하는 것 과 수신측에서 수평 및 수직 안테나의 이득을 조절하여 구성하는 방법이 있다.

## VI. 결 론

본 논문에서는 실내 무선환경에서 최적 편파 다이버시티를 구성하는 방안을 제시하였다. 먼저, 이론적인 해석을 통하여 XPD의 크기를 알 수 있었으며 이를 실제 측정한 데이터와 비교하였다. 그 결과 아직까지 본 연구실에서 가장 좋은 편파 다

이버시티로 확인한 바 있는 CV-CH경우의 XPD는 VV-VH와 HH-HV의 경우보다 낮음을 알 수 있었다. CV-CH 편파다이버시티를 더 최적으로 하기 위해 본고에서는 XPD를 더 낮게 하는 방법으로 수신단에서 XPD 값만큼 보상하고 누적확률분포도를 통하여 편파 다이버시티 효과를 평가하였다. 그 결과 보상을 한 경우가 보상하지 않은 경우보다 상당한 편파 다이버시티 효과가 있음을 확인하였다. 한편 XPD를 낮게 하는 하드웨어적인 방법으로는 송신측의 원형편파 안테나의 축 비를 교정하여 타원편파 안테나로 구성하는 것을 생각할 수 있고, 또한 수신측에서의 수평 및 수직 안테나 출력의 이득을 비교 조절하는 방법을 생각할 수 있다. 이와 같은 방법으로 수신측에서 수평 및 수직안테나로 수신하는 신호간 XPD의 최소화가 가능하며 편파다이버시티의 효과를 향상시킬 수 있을 것으로 생각된다.

금후 연구사항으로는 송 수신측에 축 비를 달리한 타원편파 안테나의 제작 및 수신측의 각 브랜치 출력의 이득을 조절하는 다이버시티 시스템을 구축하여 최적 편파 다이버시티 효과를 확인 평가하여야 한다.



참 고 문 헌

- [1] R. G. Vaughan, "Polarization Diversity in Mobile Communications", *IEEE Trans. Veh. Tech.*, vol. 39, no. 3, pp. 177~186, August 1990.
- [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 1800 MHz", *IEEE Trans. Veh. Tech.*, vol. 44, no. 2, pp. 318~326, May 1995.
- [3] Jukka J. A. Lempiaine, Jaana K. Laiho-Steffens, Achim F. Wacker, "Experimental Results of Cross Polarization Discrimination and Signal Correlation Values for a Polarization", *IEEE 47th Vehicular Technology Conference Proceedings (VTC'97)*, vol. 3-A, pp. 1498~1502, April 1997, Arizona, USA.
- [4] Deock-Ho Ha, Sung-Woo Jeon, "A Study of Polarization Diversity Reception in Indoor Wireless Environment", *전파통신 논문지 제3권 제1호*, pp.94~102, March 1997
- [5] Deock-Ho Ha, Sung-Woo Jeon, Jae-Ho Lee, Fumio Ikegami, "A Study of Polarization Diversity in Indoor Mobile Radio Propagation Environments", *Proceedings of The 3rd ASIA-PACIFIC Conference on Communication (APCC'97)*, pp. 563~567, December 1997, Sydney, Australia
- [6] Deock-Ho Ha, Sung-Woo Jeon, Jae-Ho Lee, "A Study on Optimum Condition of Polarization Diversity Reception in Indoor Wireless Environments", *Proceedings of The 2nd CDMA International Conference (CIC'97)*, pp. 496~500, October 1997, Seoul, Korea
- [7] Hee-Chang Jung, Jin-Dam Mok, Deock-Ho Ha, "Analysis of Wideband Propagation Characteristics for The High Transmission Rate in Indoor Radio Channels", *IEEE Proceedings of The VTC'98*, pp. 298~302, May 1998, Ottawa, Canada
- [8] Byung-Ok Kim, Ju-Hyon Lee, Deock-Ho Ha, Fumio Ikegami, "A Study on the Composition of an Optimum Polarization Diversity in Indoor Radio Environment", *KJJC-AP/EMC/EMT '98 Proceedings*, pp. 21~25, September 1998, Pusan, Korea
- [9] 李祺學 共著, 전자파 및 안테나공학, 光文閣, 1993 .
- [10] Constantine A. Balanis, *ANTENNA THEORY*, Harper & Row, Publishers. Inc, 1982.
- [11] 이주현, 하덕호, "실내 전파환경에서의 원형 편파와 직선편파의 편파손실계수 해석", '98 추계합동학술논문발표회, pp. 226~230, December 1998.
- [12] 김병옥, 이주현, 윤영석, 하덕호, "실내 무선 환경에서의 편파 다이버시티 최적구성에 관한 연구", '98 춘계 마이크로파 및 전파학술대회, pp. 473~476, May 1998.
- [13] 進士昌明編著, 無線通信の電波伝搬, 社團法人電子情報通信學會, 1992.

하 덕 호



1979년 2월: 한양대학교 공과대학  
전자공학과(공학사)  
1984년 3월: 일본 Kyoto 대학 전자  
공학과(공학석사)  
1987년 3월: 일본 Kyoto 대학 전자  
공학과(공학박사)  
1974년 2월~1976년 11월: 군복무  
(공군30단, 레이더 정비)

1978년 11월~1981년 1월: (주)금성사 중앙연구소 근무  
1981년 4월~1982년 3월: 일본 Kyoto 대학 연구생  
1987년 3월~1987년 8월: 일본 (주)Matsushita 전기, 무  
선 연구소 연구원  
1990년 8월~1991년 8월: University of California, Davis,  
방문연구교수  
1995년 2월~1995년 3월: 일본 Takushoku 대학 객원교수  
1987년 9월~현재: 부경대학교 정보통신공학과 교수  
[주 관심분야] PCS, IMT-2000 실내의 전파특성 모델링,  
Cellular engineering, Diversity system, 디지털 이동통  
신방식, 등화기술, Channel coding, 무선 LAN 시스템  
등.

이 주 현



1996년 2월: 경일대학교 전자공학과  
(공학사)  
1999년 2월: 부경대학교 정보통신공  
학과(공학석사)  
1999년 3월~현재: 부경대학교 정보  
통신공학과 박사과정 재학중  
1990년 1월~1992년 6월: 군복무(공  
군)

1996년 8월~1997년 4월: 한국공업고등기술학교 교사  
[주 관심분야] PCS, IMT-2000 실내의 전파특성 모델링,  
Cellular engineering, Diversity system, Microstrip an-  
tenna, DGPS system 등.

윤 영 석



1997년 2월: 동서대학교 전자공학과  
(공학사)  
1999년 2월: 부경대학교 정보통신공  
학과(공학석사)  
1999년 3월~현재: 부경대학교 정보  
통신공학과 박사과정 재학중  
[주 관심분야] 실내의 전파특성 모  
델링, 통신방식, 등화기술 등.