

차세대 이동통신에서의 광대역 전파특성 연구(Ⅱ) - 편파 다이버시티를 이용한 실내에서의 광대역 전파특성 개선 -

A Study of Broadband Propagation Characteristics for The Future Mobile Communications(Ⅱ)

- The Improvement of Broadband Propagation Characteristics using Polarization Diversity under Indoor Environment -

하덕호 · 윤영석

Deock-Ho Ha · Young-Seok Yoon

요 약

본 논문에서는 실내환경에서 광대역 신호의 대역내 진폭변동 특성을 개선하기 위하여, 가시거리 및 비가시거리 환경에서 원형편파 및 수직·수평편파 안테나를 이용하여 주파수 소인에 의한 광대역 신호를 측정 해석하였다. 그리고 광대역 전파특성의 개선을 위한 최적조건을 조사하기 위하여, 인간의 움직임 영향과 송신안테나의 높이에 따른 영향도 해석하였다. 그 결과 비가시거리 환경에서는 편파 다이버시티 수신에 주파수 대역내 진폭편차의 개선효과가 있음을 확인하였다. 특히, 편파 다이버시티는 원형편파 송신시 수직 및 수평편파에 의한 다이버시티 브랜치를 구성하는 방식이 가장 효과적임을 알았다. 그리고, 인간의 움직임에 의한 영향은 가시거리 및 비가시거리 환경에서 그다지 크지 않았으나, 신호강도의 저하가 더욱 심화되어 실내 디지털 무선 통신에 있어서 burst error의 원인이 될 수 있음을 예상할 수 있었다. 그리고 송신안테나를 천장높이로 변경했을 때는 가시거리 환경과 비가시거리 환경이 함께 존재하므로, 이 경우도 고속 무선 전송을 위해서는 편파 다이버시티를 사용하여 대역내 진폭편차 개선의 필요성을 확인하였다.

Abstract

In this paper, to improve bandwidth amplitude fluctuation for the broadband signal in indoor propagation environment, we measured and analyzed broadband signal using a vertically polarized, horizontally polarized and circularly polarized antenna, conducting by frequency sweeping method in NLOS (Non-Line-of-Sight) environment. And, to investigate the optimum condition for the improvement of broadband propagation characteristics we also examined the effects of both human motions and transmission antenna height in the NLOS environment. As a result, in the case of NLOS environment, it was found that the amplitude deviation characteristics in frequency bandwidth can be improved by polarization diversity reception. Especially, we found that it is the best effective one

「본 논문은 1996년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.」

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

· 논문 번호 : 980916-090

· 수정완료일자 : 1998년 11월 27일

to make polarization diversity reception branches, which install the circularly polarized antenna at transmitting end and install the polarized diversity branches received vertical or/and horizontal polarized wave at receiving end. The affection of a human motions is not so much in LOS and NLOS environment, but it can lead to the cause of burst error in indoor digital radio communications as the fade of signal strength become more deeper. And also, when raise the transmitting antenna up to the ceiling, the LOS and NLOS environment could be coexisted. In this case, it can be also inferred that frequency bandwidth amplitude deviation must be fundamentally improved by using polarization diversity reception technique to make the possibility of high transmission rate.

I. 서 론

최근, 실내 무선통신의 사용이 증가함에 따라, 실내 무선전송 시스템에 대한 고속전송이 요구되고 있다. 현재 실용화 단계의 무선 LAN의 경우, IEEE 802.11 규격 ISM band의 2 Mbps 정도이며^[1], 유선 LAN(Ethernet)과 같은 10 Mbps 정도의 고속 전송은 아직 불가능하다. 따라서, 차세대 이동통신에 있어서, Ethernet과 같은 10 Mbps 정도의 실내무선 고속전송을 실현하기 위해서는 실내 광대역 전파특성의 해석 및 개선 등에 관한 연구가 요구된다.

실내 무선통신 시스템의 고속 대용량화를 위해서는 먼저 채널 특성의 파악이 중요하다. 아직까지 실내 전파전파 연구 사례로는 빌딩 내에서의 900 MHz대의 전파특성^[2], 914 MHz대의 경로 손실 예측모델^[3] 등이 있으나, 이들은 대부분 저속·저용량 전송의 무선 전화망이나 휴대전화를 고려한 전파특성에 관한 사례^{[4],[5]}이다. 실내는 물론 옥외 무선통신에서 광대역 특성에 대한 검토 예는 흔치 않다.

최근 본 연구팀은 원형편파 안테나의 제작이 실현됨에 따라^{[6],[7]}, 이를 이용하여 광대역 전파특성을 측정 해석한 바 있다. 실내 무선 전파환경의 LOS조건에서 광대역 전파특성 개선에 대한 검토 결과, 원형편파로 송수신한 경우 기수회 반사파 억제 효과로 인해 대역내 진폭특성 개선과 페이딩 경감효과가 있음을 확인하였다^{[8]-[14]}.

제 I 부^[14]에서는 실내에서 다중경로파에 의한 페

이딩 경감 효과 및 고속전송의 가능성을 조사하기 위해 LOS(Line-of-Sight)영역에서 수직편파, 수평편파 및 원형편파의 무지향성 안테나를 사용하여 주파수소인법에 의한 광대역 신호를 측정 해석하였다. 그 결과 가시거리환경에서 원형편파를 사용하면 기수회 반사에 의한 다중경로파를 억제 수신할 수가 있어서, 주파수 대역내의 광대역의 진폭 변동특성을 크게 개선할 수 있음을 알게 되었다. 또한 다이버시티 방식은 송신측에 원형편파를, 수신측에는 수직 및 수평편파 안테나를 설치하여 편파다이버시티 수신을 행하는 것이 가장 효과적인 방법임을 알 수 있었다.

본 고에서는 제 I 부에서 다루지 않은 NLOS (Non-Line-of-Sight)조건에서 주파수 소인에 의한 대역내 진폭특성을 측정 해석하고, 원형편파로 송신하고 수직·수평편파로 수신하는 편파 다이버시티 뿐만 아니라 공간 다이버시티에 의한 대역내 진폭특성 개선효과에 대하여 검토하였다. 또한 LOS 및 NLOS환경에서의 인간의 움직임에 대한 주파수 대역내 신호강도 변동 특성과 비교 해석하였으며, 그리고 장애물 존재시 송신 안테나의 가시거리 영역 확장을 위하여 송신 안테나를 천장 높이로 변경한 경우에 대해서도 검토하였다.

II. 측정실험 및 데이터 해석방법의 개요

2-1 측정장소와 측정방법

측정장소로서 일반적인 사무실 크기의 회의실을

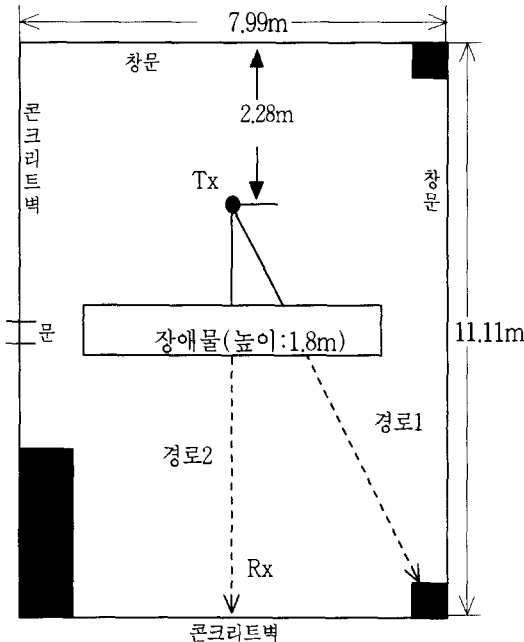


그림 1. 측정장소와 측정코스

Fig. 1. Measurement plane and courses.

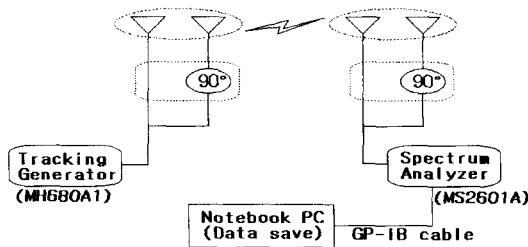


그림 2. 주파수 소인에 의한 광대역 측정 시스템

Fig. 2. Broadband measurement system by frequency sweeping method.

이용하였으며, 측정코스과 평면도는 그림 1에 나타난다. 측정 시스템은 그림 2에 나타난 바와 같이 구성하였으며, 다음과 같은 방법을 이용하여 측정하였다.

주파수 소인기로부터 송신(송신전력: 0 dBm)된 무변조 반송파를 스펙트럼 분석기에 의해 신호강도를 수신하여, 그 데이터를 PC에 기록하였다. 이때 송신주파수는 1100 MHz에서 1300 MHz까지 소

표 1. 측정지점의 결정방법

Table 1. Selection of measurement received antenna point.

벽으로부터의 거리(m)	측정점간의 간격(cm)
1 m 이내	2.5 cm
2 m 이내	5.0 cm
3 m 이내	10 cm
4 m 이내	20 cm
4 m 이상	30 cm

인 하였고, 각 경로에 표 1과 같은 간격으로 수신기를 고정시켜 200 MHz대역내의 신호강도를 측정하여 0.4 MHz마다 진폭편차를 해석하였다.

그리고, 수신전계강도를 다음 (1)식을 이용하여 변환하였다.

$$E_o = E_{in} [dB] - 20 \log h_e [dB] + L_f [dB] - G_f [dB] - G_r [dB] \quad (1)$$

E_o : 수신전계강도

E_{in} : 송신전력으로부터 수신전계강도의 변환치

h_e : 유효 높이

L_f : 급전 손실

G_f : 송신 안테나 이득

G_r : 수신 안테나 이득

본 논문에서는 Rayleigh 확률지의 좌표설정에 다음 이론식을 이용하여, 광대역 페이딩 개선효과를 평가하는 Rayleigh 누적확률분포를 구하였다. Rayleigh 분포를 $P(R)$ 이라고 하면 다음과 같이 주어진다^[15].

$$P(R) = 1 - \exp\left(-\frac{R^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2)$$

확률지상(그림 3)에서, $y = x [dB]$ 라고 하면

$$x[\text{dB}] = 20\log_{10}(R/R_M) \quad (3)$$

여기서, R_M 은 $P(R)$ 의 중앙치이다.

$$R_M = \sqrt{2\log_e 2\sigma} \quad (4)$$

$\sigma=1$ 로 놓고, $x[\text{dB}]$ 를 -40에서 10까지 변화시켰을 때, 식 (3)으로부터 변화되는 R 을 구할 수 있다. 이 R 의 값을 확률분포식(2)에 대입시키면 x 변화량에 따른 $P(R)$ 의 변화를 나타낼 수 있다. 이때 x, y 좌표는 다음과 같이 표현된다.

$$x = 10\log_{10} \frac{-\log_e(1-P(R))}{\log_e^2} \quad (4)$$

$$y = 10\log_{10} \frac{-\log_e(1-P(R))}{\log_e^2} \\ = 10\log_{10}\{-\log_e(1-P(R))\} \\ - \log_{10}(\log_e^2) \quad (5)$$

이와 같이 MATLAB을 이용해서 그림 3과 같이 Rayleigh 누적 확률지의 좌표를 설정할 수 있다. 본 논문에서는 측정된 광대역 신호 데이터를 이용하여 컴퓨터에 의해 편파 다이버시티 수신 시

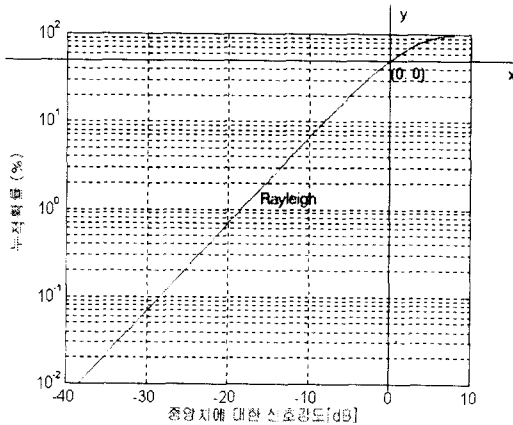


그림 3. Rayleigh 누적확률분포곡선

Fig. 3. Rayleigh cumulative probability distribution curve.

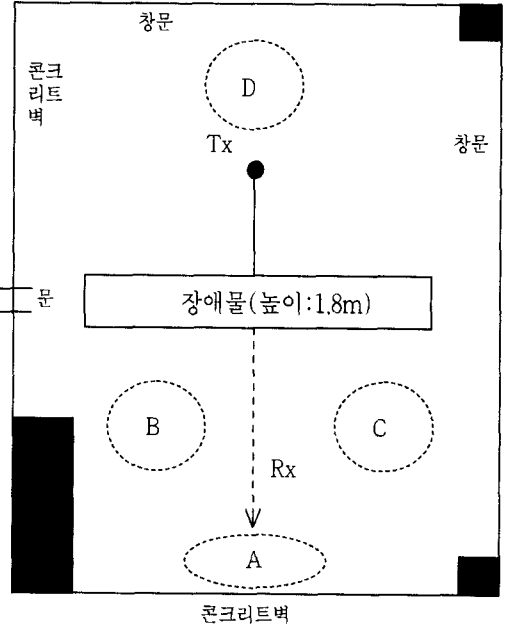


그림 4. 인간의 움직임 위치(NLOS의 경우)

Fig. 4. Position of a human motions(case of NLOS).

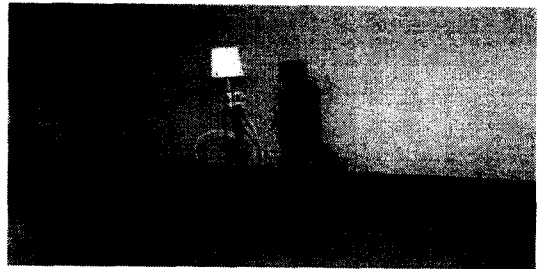


그림 5. 실제 인간의 움직임 (A 지점)

Fig. 5. Practical a human motion (A point).

물레이션을 행하였고, 다이버시티 효과에 대한 평가는 그림 3의 Rayleigh 누적 확률지를 이용하였다. 또한 광대역 신호 주파수 대역내에 따른 진폭 편차를 구하여 측정지점(거리) 및 주파수 대역내 진폭편차 특성을 비교 평가하였다^[11].

2-2 인간의 움직임에 대한 영향

한편, 인간의 움직임에 대한 영향에 있어서는

LOS경우의 측정과 그림 4에 나타낸 바와 같은 NLOS환경의 A, B, C, D지점의 움직임 위치를 선정하여 측정 검토하였다. 그림 5는 실제 A지점을 1인이 움직이는 경우이다.

2-3 송신 안테나 높이의 변경에 따른 영향

또한 본 측정에서는 다음 그림 6에서와 같이 NLOS조건에서 송신 안테나 높이의 변경에 대한 검토도 함께 행하였다.

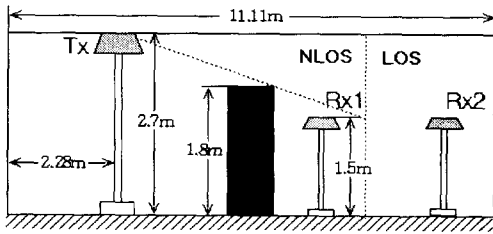
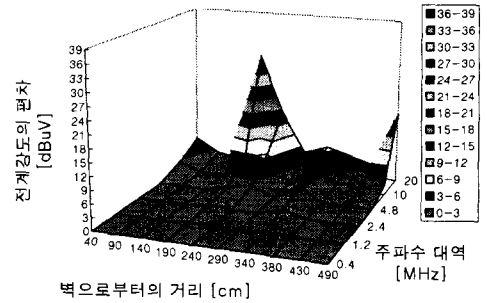


그림 6. 송신안테나 높이의 변경
Fig. 6. Changed the height of transmitter antenna.

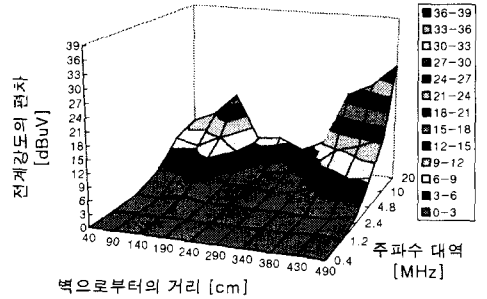
Ⅲ. 측정결과 및 고찰

3-1 주파수 대역내 진폭편차 특성

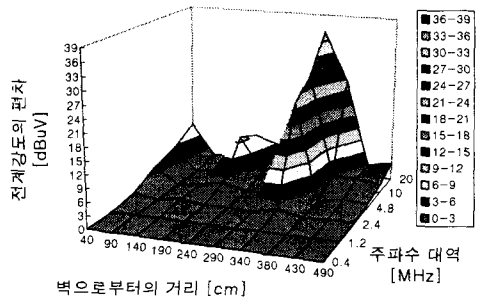
LOS의 경우에는 기수회 반사파역제 효과가 있는 원형편파(C-C)로 송수신한 경우가 대역내 진폭 특성의 개선효과가 있음을 알 수 있었다^{[8]~[14]}. 그림 7은 경로 2 전체 측정지점에 대하여 장애물이 존재하는 NLOS조건에서의 대역내 진폭편차 특성을 나타낸 것으로 1100~1120 MHz의 20 MHz대역에 대해 살펴본 것이다. (a)의 원형편파로 송수신(C-C)한 경우는 LOS환경과는 달리 주파수 대역내 진폭 변동특성의 개선효과가 없었다. (b)는 수직편파로 송수신(V-V)한 경우이고, (c)는 수평편파로 송수신(H-H)한 경우이다. 전 경로에 걸친 각 측정지점에서의 전계강도의 편차는 가시거리 조건에 비해 양호하지 못함을 알 수 있다. 이에 편파 다이버시티



(a) 원형 편파의 경우(경로2 C-C)
(a) Case of circularly polarized wave(course 2).



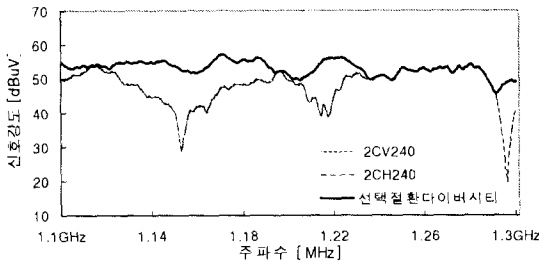
(b) 수직 편파의 경우(경로2 V-V)
(b) Case of vertical polarized wave(course 2).



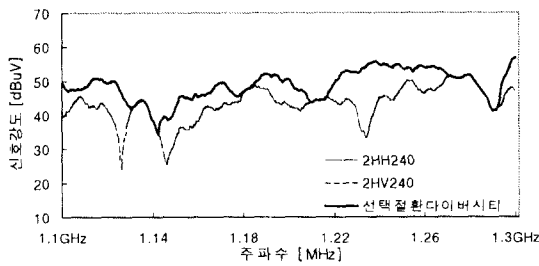
(c) 수평 편파의 경우(경로2 H-H)
(c) Case of horizontal polarized wave(course 2).

그림 7. 주파수 대역내 진폭편차의 특성(NLOS 환경)
Fig. 7. Characteristics of frequency bandwidth amplitude on the course 2(condition of NLOS).

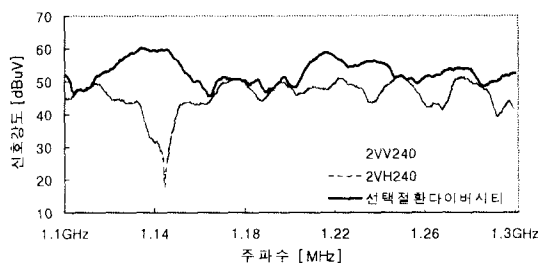
및 공간 다이버시티에 의한 광대역 페이딩 개선효과를 살펴보았다.



(a) 2CV-CH (240 cm)



(b) 2HH-HV (240 cm)



(c) 2VV-VH (240 cm)

그림 8. 광대역 신호의 편파 다이버시티 수신 시뮬레이션 결과(NLOS 환경: 경로2, 240cm지점)

Fig. 8. Simulation results for polarization diversity reception of broadband signals(condition of NLOS : the point 240 cm distance from the wall on course 2).

3-2 광대역 페이딩 개선효과

3-2-1 편파 다이버시티에 의한 광대역 페이딩 개선효과

그림 8 (a), (b), (c)는 장애물의 조건에서 경로 2의 벽으로부터 240 cm 지점에서의 200 MHz 대역 내 수신전력 주파수소인 측정결과이다. 그림 8 (a)에 CV, CH 및 CV-CH의 두 브랜치의 선택절환 다이버시티 수신시뮬레이션 결과를, 그림 8 (b)에 VV, VH 및 VV-VH의 두 브랜치의 선택절환 다이버시티 수신시뮬레이션 결과를, 그림 8 (c)에는 HH, HV 및 HH-HV의 두 브랜치의 선택절환 다이버시티 수신시뮬레이션 결과를 비교하여 나타냈다. 그림 9는 240 cm 측정지점에서의 다이버시티를 고려하지 않은 CC를 포함하여, CV-CH, VV-VH 및 HH- HV의 각각의 브랜치에 의한 선택절환 다이버시티 수신 시뮬레이션 결과로부터 누적확률분포를 구하여 나타낸다.

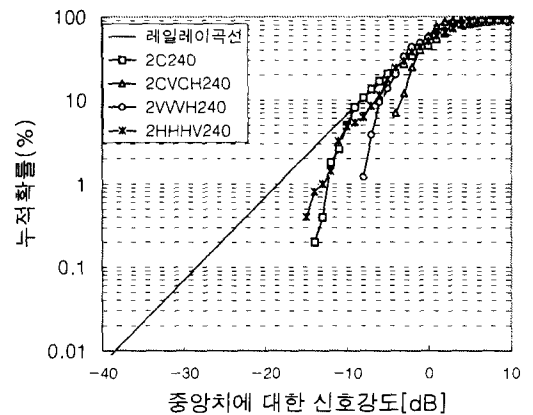


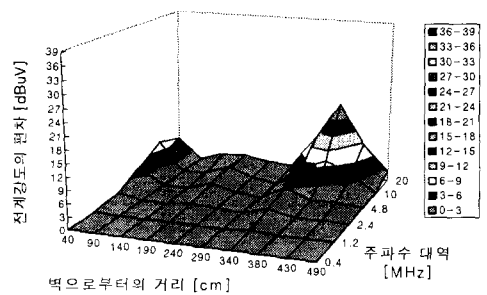
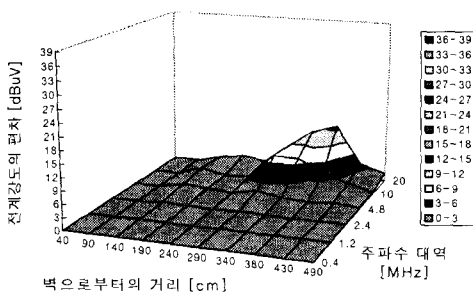
그림 9. 광대역 신호의 편파다이버시티 결과의 누적확률분포(NLOS 환경: 경로2, 240cm지점)

Fig. 9. Cumulative distributions for polarization diversity of broadband signal(condition of NLOS : the point 240 cm distance from the wall on course 2).

표 2. 브랜치간의 상관계수

Table 2. Correlation coefficient of branches.

	수신 지점 (벽으로부터의 거리, cm)	CH-CV	HH-HV	VV-VH
경로 1	40	-0.24222	-0.31986	0.032813
	90	-0.09958	-0.08666	0.263236
	140	-0.01882	-0.36857	0.464487
	190	-0.46117	0.182339	-0.25399
	240	0.02924	-0.06127	-0.26688
	290	-0.02616	-0.28864	-0.2616
	340	-0.14176	-0.45101	-0.1999
	380	-0.06216	-0.26686	0.200186
	430	-0.23207	-0.37533	0.104206
경로 2	40	0.07041	-0.21572	-0.31651
	90	-0.33896	0.172764	0.075211
	140	0.003633	-0.30317	0.191559
	190	-0.01462	0.029462	0.14923
	240	-0.27616	0.340311	-0.39635
	290	-0.17018	0.07009	0.001295
	340	0.444684	0.113537	0.37022
	380	-0.07307	-0.08417	-0.08174
	430	-0.39863	-0.00403	-0.20721
	490	-0.24972	-0.00539	0.167758



(a) C-V, C-H의 다이버시티 합성 수신 시뮬레이션의 경우(경로2)

(b) C-V, C-H의 선택적환 다이버시티 수신 시뮬레이션의 경우(경로 2)

(a) Simulation result for polarization diversity combining of C-V, C-H(course 2).

(b) Simulation result for selective switching polarization diversity of C-V, C-H(course 2).

그림 10. 편파다이버시티 결과의 주파수 대역내 진폭편차 특성(NLOS 환경: 경로 2)

Fig. 10. Characteristics of frequency bandwidth amplitude for polarization diversity(condition of NLOS: course 2).

표 2는 경로 1 및 2에서의 CV-CH, VV-VH 및 HH-HV의 각각의 브랜치에 대한 상관계수를 각 측정지점에서 구한 값을 나타낸다. 표 2 및 그림 9에서 알 수 있듯이 전반적으로 CV-CH의 두 브랜치에 의한 상관계수가 작아 편파 다이버시티 브랜치로서 CV-CH가 가장 효과적이라는 것을 알 수가 있다.

그림 10은 1100~1120 MHz의 20 MHz대역에 대해 편파다이버시티 결과의 주파수 대역내 진폭편차 특성을 나타낸 것이다. (a)는 그림 8과 동일한 경로 2 전체 측정지점에서 원형편파로 송신하고 수직 및 수평편파로 수신(C-V, C-H)하여 다이버시티 합성 시뮬레이션을 한 대역내 진폭편차 특성이며, (b)는 선택절환 다이버시티 시뮬레이션의 대역내 진폭편차 특성이다. 결과적으로 장애물이 존재하는 경우는 C-V, C-H로 다이버시티 합성 또는 선택절환 다이버시티한 결과가 C-C, V-V, H-H보다 대역내 진폭편차 특성이 가장 양호함을 알 수 있다. 따라서 실내 무선통신환경에서는 두 편파 C-V, C-H의 다이버시티 합성 또는 선택절환 다이버시티가 광대역 전파특성을 개선하여 고속전송의 가능성이 있음을 짐작할 수 있다.

3-2-2 공간 다이버시티에 의한 광대역 페이딩 개선효과

그림 11은 경로 2의 42 cm 및 55 cm 지점(공간적으로 $\lambda/2$ 간격)의 CC에 대한 주파수 소인 측정결과 및 이들의 선택절환 다이버시티 수신 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다. 그림 12는 그림 11의 다이버시티 시뮬레이션 결과에 대한 Rayleigh 누적확률분포를 구하여 나타낸 것이다. 이 그림으로부터 알 수 있듯이 광대역 특성의 경우는 공간 다이버시티에 의한 페이딩 경감효과가 거의 없음을 알 수 있다. 한편, 표 3은 경로 1 및 2에서의 CC, HH 및 VV $\lambda/2$ 간격에 대한 상관계수를 구한 것이다. 이 경우는 VV의 경우가 CC보다 비교

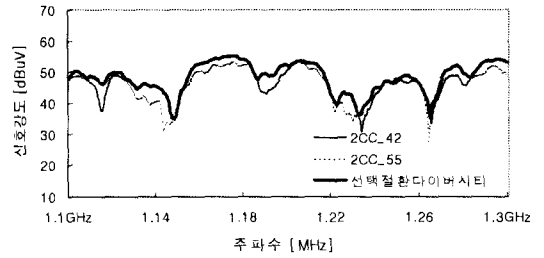


그림 11. 광대역 신호의 공간 다이버시티 예
Fig. 11. Example of space diversity for the broad-band signal.

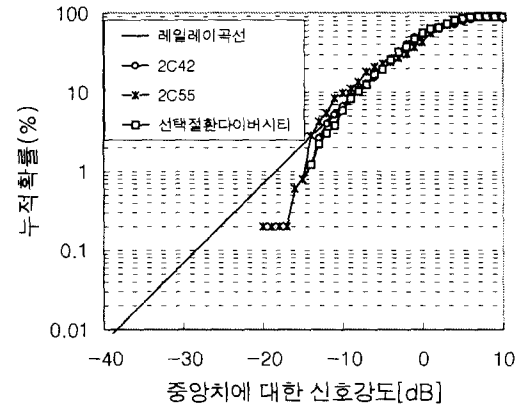


그림 12. 그림 11의 누적확률분포
Fig. 12. Cumulative distribution of Fig. 11.

적 작은 상관계수를 나타내지만, 표 2의 편파 다이버시티 브랜치의 경우와 비교하여 볼 때 광대역 특성에 있어서는 공간 다이버시티 개념은 큰 의미가 없는 것으로 평가된다.

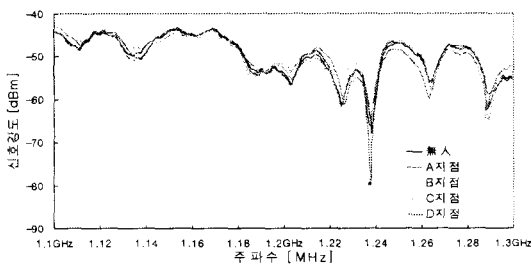
3-3. 인간의 움직임에 대한 영향

그림 13은 인간의 움직임에 의한 광대역 신호강도 특성 그래프이다. (a)는 LOS조건에서 C-C로 송수신한 결과이며, (b)는 NLOS조건에서 C-C로 송수신한 결과이다. 인간의 움직임 영향은 크게 나타나지 않지만, fade가 발생하는 경우의 특정 주파수에서는 신호강도의 심한 fade(*)가 발생하는 것을

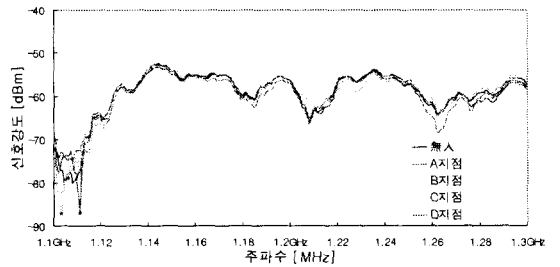
표 3. $\lambda / 2$ 간격에 대한 상관계수

Table 3. Correlation coefficient for the $\lambda / 2$ special interval.

		CC	HH	VV
경로 1	40-52	0.572691	0.595537	0.199236
	45-57	0.203325	0.756376	0.13836
	50-62	0.249448	0.765226	0.008207
	55-67	0.198718	0.741571	0.15394
	60-72	-0.10811	0.337841	-0.13347
	65-77	-0.20385	0.468657	-0.22081
	70-82	-0.11695	0.636473	0.339484
	75-87	0.469504	0.755075	0.755505
	80-92	0.485105	0.199761	0.772158
	85-97	0.760881	0.426202	0.629172
경로 2	40-52	0.619519	0.705794	0.537783
	42-55	0.808384	0.555453	0.415764
	50-62	0.258288	0.785541	0.237196
	55-67	-0.2828	0.570257	0.26733
	60-72	0.719676	0.597581	0.451679
	65-77	0.381162	0.659676	0.494224
	70-82	0.418454	0.583139	0.638625
	75-87	0.647472	0.687678	0.440403
	80-92	0.425227	0.70058	0.457879
	85-97	0.358082	0.735625	0.232593



(a) LOS의 경우(벽으로부터 100 cm지점, 경로 2)
 (a) Case of Los(the point 100 cm distance from the wall, course 2).



(b) NLOS의 경우(벽으로부터 100 cm지점, 경로 2)
 (b) Case of NLos(the point 100 cm distance from the wall, course 2).

그림 13. 경로 2에서 인간의 움직임에 대한 주파수 대역내 신호강도 변동 특성

Fig. 13. Characteristics of frequency bandwidth signal strength fluctuation according to a human motions on course 2.

알 수 있다. 인간의 움직임에 의해, fade가 심하게 발생할 수가 있으므로 디지털 전송에 burst error의 원인이 될 수 있음을 예상할 수 있다.

3-4 송신 안테나 높이의 변경 효과

장애물이 존재하는 NLOS조건에서 편파 다이버시티의 최적조건을 얻기 위해 송신 안테나 높이를 변경(1.5 m와 2.7 m)함에 따른 페이딩 경감효과를

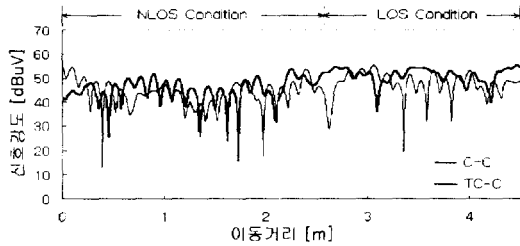
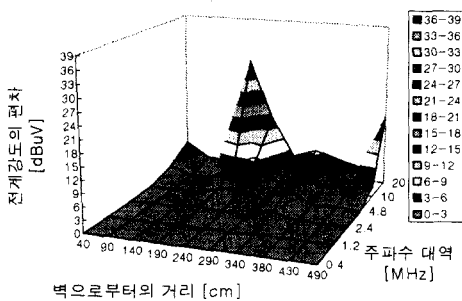


그림 14. 송신 안테나 높이에 따른 대역내 신호강도 변동특성

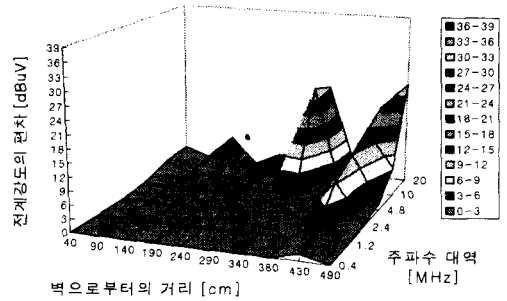
Fig. 14. Characteristics of bandwidth signal strength fluctuation according to transmitting antenna height.

검토하였다. 송신 안테나를 천장까지 높였을 경우 (2.7 m)에는 그림 6에서 알 수 있듯이 LOS와 NLOS조건이 동시에 존재하게 되었다. 그림 14는 경로 2에서 송신 안테나를 천장 높이로 하였을 경우(TC-C)와 그렇지 않은 경우(C-C)에서의 수신 신호강도 변화이다. 그림 14에서 약 2.5m~4.5m에서의 수신전계강도는 TC-C가 C-C에 비해 상당히 우수함을 알 수 있다.

그림 15는 송신 안테나 높이 변경에 따른 주파수 대역내 진폭편차 특성으로 1100~1120 MHz의 20 MHz대역에 대해 살펴본 것이다. (a)의 경우는 송수신 안테나 높이가 동일한 C-C의 전체 측정지점에서의 대역내 진폭편차 특성 결과이며, (b)의 경우는 송신 안테나를 천장 높이로 변경하였을 때 (TC-C), 경로 2 전체에 대한 대역내 진폭편차 특성 결과이다. NLOS환경에서 (a)의 경우는 대역내 진폭편차 특성이 전반적으로 양호하지 못함을 확인할 수 있으나, 이에 반해 (b)의 경우에는 벽으로부터 240 cm 지점까지는 거의 LOS환경에서의 C-C의 경우와 동일함을 알 수 있었다. 그러나 장애물의 영향을 받기 시작하는 240 cm 지점 이후에



(a) 송수신 안테나 높이 각각 1.5m일 때(경로 2)
(a) Tx, Rx antennas height are 1.5m(course 2)



(b) 송신 안테나 높이 1.5 m, 수신안테나 높이 2.7 m 일 때(경로 2)
(b) Tx antenna height is 1.5m, Rx antenna height is 2.7m(course 2).

그림 15. 경로 2에서 송신 안테나 높이 변경에 따른 주파수 대역내 진폭편차 특성(NLOS 환경)

Fig. 15. Characteristics of frequency bandwidth signal amplitude deviation according to transmitting antenna height on course 2.

서는 대역내 진폭편차가 좋지 못하기 때문에 원형 편파 안테나에 의해서도 대역내 진폭특성을 개선할 수 없음을 의미한다.

결과적으로 장애물 환경(NLOS)에서는 송신 안테나의 높이를 변경하더라도 장소에 따라 NLOS환경이 존재하므로, C-V·C-H에 의한 편파 다이버시티 수신으로 대역내 진폭특성을 개선해 줄 필요가 있음을 시사한다.

IV. 결 론

본 고에서는 실내 고속 무선통신의 기초단계로, NLOS 환경에서 원형편파 및 수직·수평편파 안테나를 이용하여 주파수 소인에 의한 대역내 진폭특성을 측정 해석하였으며, 편파 다이버시티와 공간 다이버시티 효과에 대하여도 비교 검토하였다. 또한 인간의 움직임과 안테나 높이의 변화에 따른 효과도 알아보았다.

그 결과 원형편파를 사용하는 경우가 기수회 반사파를 억제하여 수신하게 되므로 수직 및 수평편파와 비교하여 다중경로 페이딩을 보다 경감시키고, 대역내 진폭편차특성을 상당히 개선할 수 있었다.

그러나 NLOS환경에서는 원형편파로 송수신 하더라도 대역내 진폭편차 특성이 크게 개선되지 않아 원형편파로 송신하고 수직 및 수평편파로 수신하는 편파 다이버시티를 행하면 대역내 진폭특성이 개선될 수 있음을 확인하였다. 그리고 이를 공간 다이버시티방식과 비교해 본 결과 본 연구에서 제시하고 있는 편파 다이버시티방식이 보다 우수한 효과가 있음을 알 수 있었다.

한편 인간의 움직임 영향에 대하여 검토한 결과, 그다지 큰 영향은 없었으나, 페이딩이 발생하는 특정 주파수에 한해 신호강도가 더욱 심하게 저하되는 원인을 제공하므로 고속 디지털 통신에 있어서 burst error의 원인이 될 수 있음을 예상할 수 있었다.

그리고 송신 안테나를 천장 높이로 변경하여 LOS환경과 NLOS환경이 함께 존재하게 하였으나, 결과적으로 장애물 환경(NLOS)에서는 송신 안테나의 높이를 변경하더라도 장소에 따라 NLOS환경이 존재하므로, C-V·C-H에 의한 편파 다이버시티 수신으로 대역내 진폭특성을 개선해 줄 필요가 있음을 알 수 있었다.

금후 연구 과제로 고속 대용량 전송을 위해 건물내 모든 지점에 대한 대역내 진폭변동 특성의 상세한 측정검토는 물론 대역내 진폭변동 특성으로부터의 지연 프로파일(delay profile)의 추정에 관한 연구도 필요하며, 이를 토대로 실내 광대역 고속 무선 디지털 전송시스템 구성에 관한 연구도 진행되어야 한다.

참 고 문 헌

- [1] 김영수, "무선 LAN 연구개발동향", 학연산연 교류회 발표집, 한국과학재단, 178호, 1996.
- [2] Alexander, S. E., "Radio Propagation within buildings at 900MHz", *IEEE Processing, International Conference on Antenna and Propagation*, New York, pp.177~180, 1983.
- [3] S. Y. Seidel and T. S. Rappaport, "914 MHz Path Loss Prediction Models for Indoor Wireless Communication in Multifloored Buildings", *IEEE Trans., Ant. Prop.*, vol. 40, no. 2, Feb. 1992.
- [4] Winters, J. H., and Yeh, Y. S., "On the performance of wideband digital radio transmission within building using diversity" *Proceeding of the IEEE Globecom*, (New Orleans), pp. 32.5.1~1.6, 1985.
- [5] Pahlavan, K., "Wireless data communication techniques for indoor application", *Proceeding of the IEEE International Conference of Communications*, (Chicago, Apr.), pp.

- 3.1.1-7, 1985.
- [6] 渡辺康司, 大嶺裕幸, 砂原米彦, 松永誠, 片木孝至, “ノッチ、モノポール組み合わせ形水平 面内無指向性アンテナ,” 信學秋大, B-49, 1992.
- [7] 渡辺康司, 砂原米彦, 佐藤眞一, 片木孝至, “ノッチ、スリ-ブ組み合わせ形水平面内無指向性アンテナ,” 信學秋大, B-112, 1993.
- [8] 하덕호, 이재호, 전성우, “주파수소인법에 의한 실내 다중경로 전파전파특성에 관한 연구”, '96 춘계 마이크로파 및 전파전파 학술 발표회 논문집, vol. 19, no. 1, pp. 239-242, 1996. 5.
- [9] 하덕호, 이재호, 전성우, “원편파 안테나에 의한 실내 광대역 전파특성 개선에 관한 연구”, 한국통신학회·대한전자공학회 부산·경남지부 '96춘계 합동학술발표회 논문집, 1996. 6.
- [10] Deock-Ho Ha, Jae-Ho Lee., : “An Analysis of Indoor Multipath Propagation Characteristics Using By Frequency Sweeping Method,” *Proceedings of The 2nd International Workshop on MDMC'96*, pp. 206-210, July 1996, Seoul Korea.
- [11] 이재호, 하덕호, 장대석, “실내 무선 LAN을 대상으로 한 광대역 전파특성 개선 연구”, '96 추계종합학술대회 논문집, pp. 122~125, vol. 19 no. 2 1996. 11.
- [12] Deock-Ho Ha, et al., “A Study of Polarization Diversity in Indoor Mobile Radio Propagation Environments”, Co-author, *3RD ASIA-PACIFIC Conference on Communication (APCC'97)*, Sydney, Australia, December, 7-10, 1997.
- [13] Deock-Ho Ha, et al., “Analysis of Wideband Propagation Characteristics for The High Transmission Rate in Indoor Radio Channels,” Co-author, *Proceedings of IEEE VTC '98*, vol. 1, pp. 298~302, May 1998, Ottawa, Canada.
- [14] 하덕호, “차세대 이동통신에서의 광대역 전파특성연구(I)-실내에서의 광대역 전파특성 측정-”, 한국전자과학회 논문지, vol. 9, no. 2, pp. 265~277, 1998. 4.
- [15] 進士昌明, “無線通信の電波傳搬”, 電子情報通信學會, pp. 268-269, 1992.

하 덕 호



1979년 2월: 한양대학교 공과대학 전자공학과(공학사)
 1984년 3월: 일본 Kyoto대학 전자공학과(공학석사)
 1987년 3월: 일본 Kyoto대학 전자공학과(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, 무선연구소 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 실내외 전파특성 모델링, Cellular engineering, Diversity system, 디지털 이동통신방식, 등화기술, Channel coding, 무선 LAN 시스템 등

윤 영 석



1997년 2월: 동서대학교 전자공학과(공학사)
 1999년 2월: 부경대학교 정보통신공학과(공학석사)
 1999년 3월~현재: 부경대학교 정보통신공학과 박사과정 재학중

[주 관심분야] 실내외 전파특성 모델링, 통신방식, 등화기술 등