

논문 2009-46TC-6-6

# 시외 지역과 고속도로변에서 궤환 간섭 채널의 특성 분석

## (Characteristic Analysis on Feedback Interference Channels in Rural Regions and Sides of Highways)

문우식\*, 서만중\*, 임성빈\*\*

(Woosik Moon, Manjung Seo, and Sungbin Im)

### 요약

궤환 간섭 채널은 송신 안테나와 수신 안테나가 동일 지점에 고정되어 있고 주위에 있는 이동하는 물체와 고정된 물체에 의해 형성된 다중경로를 통해 발생하는 채널로, 일반적인 기지국과 이동국의 채널 모델과는 다른 특성을 가지고 있다. 본 논문에서는 시외 지역과 고속도로변에서 궤환 간섭 채널을 측정하고, 채널의 특성 파라미터의 분석 방법에 대하여 기술한다. 측정된 표본을 통해 산란함수, 지연 전력 스펙트럼, 도플러 전력 스펙트럼을 구하였고, coherence 대역폭, coherence 시간, 최대 초과 지연, 평균 초과 지연, rms 지연 확산, 도플러 쉼, 도플러 확산, 확산 계수 이상 8가지 파라미터의 결과와 지연과 도플러의 누적 분포도로 채널을 분석하였다. 많은 것들이 관찰되었지만, 주목할 점으로는 고속도로변은 고속으로 이동하는 차량에 의해 높은 도플러 주파수와 에너지가 큰 궤환 신호가 발생하고, 시외 지역은 차량의 소통이 적어 낮은 도플러 주파수가 발생한다는 것이다.

### Abstract

The feedback interference channels are those made through the multipaths that are built by moving and stationary objects around transmit and receive antennas mounted at the same point. This paper describes the method to measure the feedback interference channels in the rural regions and sides of highways and the analysis on channel characteristic parameters. Using the measured samples, we estimated scattering functions, delay power spectra, and Doppler power spectra, and we analyzed the channels using eight parameters including coherence bandwidth, coherence time, maximum excess delay, average excess delay, rms delay spread, Doppler shift, Doppler spread, and spread factor, and delay and Doppler cumulative distributions. Even though many observations are made, note that the feedback signals of high Doppler frequencies and large energy are observed in the sides of highways due to high speed vehicles while low Doppler frequencies occurred in the rural region due to rare traffic.

**Keywords:** 궤환 간섭 채널, 채널 파라미터, 지연 전력 스펙트럼, 도플러 전력 스펙트럼

## I. 서론

궤환 간섭 채널은 자신의 송신 안테나에서 방사된 신호가 자신의 수신 안테나로 궤환되어, 원 신호에 간섭

으로 작용한다. 이러한 궤환 간섭 채널은 무선 중계기에서 발진 등의 많은 문제를 발생시키는데, 궤환 간섭 신호가 크고, 도플러 주파수가 높아 주파수 선택적 페이딩이 일어날 때 이러한 문제가 발생한다.

고속도로변은 고속으로 이동하는 자동차에 의해 빠른 주파수 선택적 페이딩이 일어나는 지역으로, 이 지역에서 채널 측정 실험을 실시하였고, 시외 지역은 차량의 이동이 적어 낮은 도플러가 발생하는 지역으로 비교 측정하였다.

참고문헌 [1]은 한 지점의 고속도로변 궤환 간섭 채널을 전력 지연 스펙트럼과 산란 함수를 통해 설명하고

\* 학생회원, \*\* 정회원, 숭실대학교 정보통신전자공학부 (School of Electronic Engineering, Soongsil University)

※ 본 논문은 서울지방중소기업청 산학공동기술개발지원사업 “W-CDMA/WiBro 무선중계기를 위한 ICS용 Unit 개발” 과제(000274670208)의 지원으로 연구되었음

접수일자: 2009년2월10일, 수정완료일: 2009년6월17일

있다. 본 논문에서는 고속도로변 3지역과 시외 지역 3 지점에서 궤환 간섭 채널을 측정하고 측정지역에 따라 고속도로변 궤환 간섭 채널간의 차이, 시외 지역간 차이, 고속도로변과 시외 지역의 차이를 분석하였다. 그리고 coherence 대역폭, coherence 시간, 최대 초과 지연, 평균 초과 지연, rms 지연 확산, 도플러 천이, 도플러 확산, 확산 계수 이상 8가지 채널 특성 파라미터를 통해 채널의 통계적인 특성을 계량화하여 채널을 분석하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. II절에서는 채널의 특성을 분석하기 위한 상관함수와 파라미터에 대해 설명하고, III절에서는 궤환 간섭 채널을 측정하기 위한 시험장치 및 방법에 대하여 기술하며, IV절에서는 실제로 측정한 실험 데이터로 채널 계수를 구하는 알고리즘에 대해 설명한다. V절에서 실측 데이터를 채널 파라미터와 지연과 도플러의 누적분포도를 이용하여 결과를 분석하고, VI절에서 결론을 맺는다.

## II. 채널 특성 파라미터

일반적으로 시간에 따라 변하는 채널의 충격 응답 (impulse response)은  $h(\tau;t)$ 로 표현한다. 여기서  $t$ 는 절대적 시각을  $\tau$ 는 지연을 나타낸다. 그리고  $h(\tau;t)$ 를  $\tau$ 에 대해 푸리에 변환하여 주파수 영역에서 본 채널의 주파수 응답은  $H(f;t)$ 가 된다.

$$h(\tau,t) = \sum_n \alpha_n(t) e^{-j2\pi f_n \tau_n(t)} \delta[\tau - \tau_n(t)] \quad (1)$$

$$H(f;t) = \int_{-\infty}^{\infty} h(\tau;t) e^{-j2\pi f \tau} d\tau \quad (2)$$

충격 응답이 임의의 시각  $t$ 에서 임의의 복소수 값을 가지고 있고, WSSUS (wide-sense stationary uncorrelated scattering)라고 가정할 때, 충격 응답의 자기상관 함수는 다음과 같이 정의할 수 있다<sup>[2]</sup>.

$$E[h^*(\tau_1;t)h(\tau_2;t + \Delta t)] = R_h(\tau_1;\Delta t)\delta(\tau_2 - \tau_1) \quad (3)$$

충격 응답의 자기상관 함수를  $t$ 에 대하여 푸리에 변환하여 구한 산란 함수 (scattering function)는 채널의 특성을 지연과 도플러 주파수에 대한 그래프로 한눈에 보여주며, 채널 파라미터 값을 구하는데 기본이 된다.

$$S_h(\tau,\lambda) = \int_{-\infty}^{\infty} R_h(\tau;\Delta t) e^{-j2\pi\lambda\Delta t} d\Delta t \quad (4)$$

그리고 spaced-time 상관 함수  $R_H(\Delta t)$ , spaced-frequency 상관 함수  $R_H(\Delta f)$ , 지연 전력 스펙트럼  $R_h(\tau)$ , 도플러 전력 스펙트럼  $S_H(\lambda)$ 도 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$R_H(\Delta t) = E[H^*(f;t)H(f;t + \Delta t)] \quad (5)$$

$$R_H(\Delta f) = E[H^*(f;t)H(f + \Delta f;t)] \quad (6)$$

$$R_h(\tau) = E[h^*(\tau;t)h(\tau;t)] \quad (7)$$

$$S_H(\lambda) = \int_{-\infty}^{\infty} R_H(\Delta t) e^{-j2\pi\lambda\Delta t} d\Delta t \quad (8)$$

채널의 통계적인 특성을 알아보는데 산란 함수, 지연 전력 스펙트럼, 도플러 전력 스펙트럼 등의 여러 함수가 사용될 수 있다. 그리고 하나의 파라미터 값으로 채널 특성을 표현할 수도 있다. 위의 함수에서 일반적으로 얻을 수 있는 파라미터로는 최대 초과 지연 확산, 평균 초과 지연 확산, rms 지연 확산, coherence 시간, coherence 주파수, 도플러 천이, 도플러 확산, 확산 계수가 있다. 지연에 따른 페이딩 채널 특성을 알아보는데 지연 전력 스펙트럼이 많이 사용되고 여기서 3가지 지연 확산을 구할 수 있다. 최대 초과 지연 확산  $\tau_{max}$ 는 기준 지연  $\tau_0$ 부터 임계값 이상의 전력을 갖는 마지막 지연  $\tau_{end}$ 까지 지연시간이고, 평균 초과 지연 확산  $\tau_{mean}$ 은 지연 전력 스펙트럼의 1차 모멘트이다. 또한 rms 지연 확산  $\tau_{rms}$ 는 지연 전력 프로파일의 2차 중심 모멘트의 제곱근이다.

$$\tau_{max} = \tau_{end} - \tau_0 \quad (9)$$

$$\tau_{mean} = E[R_h(\tau)] \quad (10)$$

$$\tau_{rms} = rms [R_h(\tau)] \quad (11)$$

채널 파라미터 중 coherence 시간, coherence 주파수, 도플러 천이, 도플러 확산과 확산 계수를 정량화하여 비교하기 위해 coherence 시간  $T_{coh}$ 는 spaced-time 상관 함수의 rms 값으로 정의하고, coherence 대역폭

$B_{coh}$ 는 spaced-frequency 상관 함수의 rms 값으로 정의하였다<sup>[3]</sup>.

$$T_{coh} = rms [R_H(\Delta t)] \tag{12}$$

$$B_{coh} = rms [R_H(\Delta f)] \tag{13}$$

또한, 도플러 천이  $A_D$ 는 도플러 전력 스펙트럼의 평균으로 정의하고, 도플러 확산  $\sigma_D$ 는 도플러 전력 스펙트럼의 rms 값으로 정의하였다. 확산 계수  $S_c$ 는 rms 지연 확산과 도플러 확산의 곱이다<sup>[3]</sup>.

$$A_D = E[S_H(\lambda)] \tag{14}$$

$$\sigma_D = rms [S_H(\lambda)] \tag{15}$$

$$S_c = \tau_{rms} \sigma_D \tag{16}$$

### III. 채널 측정 방법

그림 1과 표 1은 채널 측정에 사용된 장치와 그 연결에 대해 보여준다. 그리고 표 2는 측정에 사용된 신호 발생기의 신호 특성과 디지털라이저의 표본화 특성을 나타낸다. 채널 측정을 위해 신호발생기에서 2 GHz 대역의 WCDMA 신호를 발생시키면, 신호는 둘로 분기되어 하나는 다운 컨버터로 가고 다른 하나는 송신 증폭기로 간다. 송신 증폭기는 2 GHz 대역에서 동작하고, 최대 5 W 까지 증폭이 가능하다. 증폭된 신호는 송신 안테나를 통해 방사된 후 다중경로를 거쳐 수신 안테나로 수신된다. 수신된 신호는 LNA (Low Noise Amplifier)에서 증폭하고 SAW (Surface Acoustic

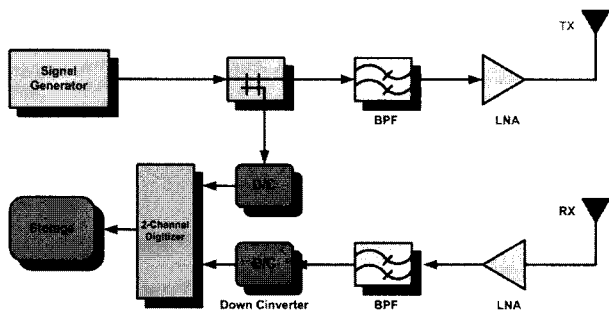


그림 1. 채널 측정에 대한 블록도  
Fig. 1. The block diagram of the channel measurement.

Wave) 필터를 거쳐 다운 컨버터로 간다. 다운 컨버터는 2 GHz 대역의 두 신호 (신호발생기에서 만든 신호와 수신된 신호)를 중심 주파수가 3.125 MHz인 중간주파수 신호로 만든다. 2 채널 디지털라이저는 두 신호를 14 bit, 12.5 MHz로 동시에 표본화하고, 실시간으로 하드디스크에 저장된다<sup>[4~6]</sup>.

### IV. 채널 추정 알고리즘

궤환 채널을 추정하기 위한 채널 모델로 TDL (Tapped Delay Line) 모델을 사용하였다. TDL 모델은 FIR 필터로 구현할 수 있고, 그 계수는 충격 응답과 같다. 표본화 속도가 12.5 MHz이므로 TDL 모델의 한 탭은 0.08  $\mu$ s를 갖는다. TDL 모델의 필터 길이는 궤환 채널의 다중경로에 의한 최대 지연보다 길어야 한다. 측정 결과에 의하면 채널의 최대 지연은 10  $\mu$ s보다 작아 필터길이를 125 탭 (10  $\mu$ s)으로 하였다. 채널 계수를 구하기 위해서 표본화되어 저장된 두 신호를 기저대역으로 변환하고 LS (Least Square) 알고리즘을 이용하여 계수를 구한 후 통과대역폭 2.5 MHz 갖는 LPF (LowPass Filter)를 통과시켰다.

표 1. 채널 측정에 사용된 장치

Table 1. The equipments used in the channel measurement.

Signal generator	Agilent E4438C ESG
Computer	NI PXI-1044
Real-time controller	NI PXI-8196
Digitizer	NI PXI-5122
HPA	5 W
Tx antenna	Base station antenna
Rx antenna	Grid antenna

표 2. 측정에 사용된 신호와 표본화 특성

Table 2. Transmitting signal and sampling specifications.

Signal	Type	WCDMA
	Carrier frequency	2 GHz
	Bandwidth	5 MHz (3.84 Mcps)
Sampling	Period	10 ms
	Intermediate frequency	3.125 MHz
	Sampling frequency	12.5 MHz
	Sampling bits	14 bits/sample

LS 알고리즘은 하나의 블록에서 최적의 계수를 구하는 알고리즘으로 시변 채널에서 블록 구간 동안 채널이 변화하지 않는다고 가정하기 때문에 블록의 크기가 너무 크면 시변하는 채널의 변화를 따라가지 못하고, 너무 작으면 추정오차가 커진다. 본 논문에서는 LS 알고리즘의 블록 크기를 12,500 샘플 (1 ms)로 하였고, LS 알고리즘은 참고문헌 [1]과 [7]에 자세히 기술되어 있다.

### V. 실측 채널 파라미터 분석

쾌환 간섭 채널의 측정을 6개 장소 (함안, 통영, 원주, 김해, 마산, 밀양)에서 수행하였다. 함안, 통영, 원주에서는 고속도로변에서 채널 측정을 2회 실시하였다. 함안에서는 고속도로의 소통이 원활한 날 1회 측정하였고, 같은 장소에서 다른 날 고속도로의 한 방향이 정체되고 반대방향으로는 소통이 원활할 때 1회 측정하였다. 통영과 원주에서는 같은 날 2회 측정을 모두 실시하였다.

김해, 마산, 밀양은 차량의 소통이 적은 시외 지역에서 1회 측정하였다. 채널 측정은 한번에 310초 동안 데이터를 채취하였고, 저장된 데이터를 LS 알고리즘으로 1 ms 단위로 채널 계수를 추정하여, 파라미터 값을 구하였다.

채널의 특성 파라미터는 채널 특성을 수치로 표현할 수 있는 장점이 있다. 표 3은 8가지 채널 파라미터인 coherence 대역폭, coherence 시간, 최대 초과 지연, 평균 초과 지연, rms 지연 확산, 도플러 천이, 도플러 확산, 확산 계수에 대해서 310초 동안의 평균값을 나타낸다. 채널 특성 파라미터 중 지연은 주위 환경의 지형적

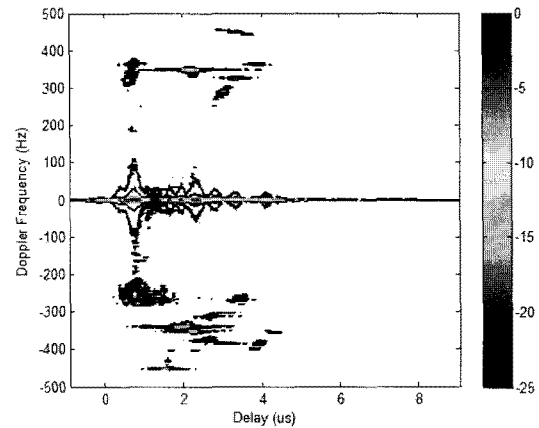


그림 2. 함안 #1에서의 산란 함수 윤곽선도  
Fig. 2. Contour diagram of the scattering function at Haman #1.

인 영향을 많이 받고, 도플러는 차량과 같이 이동하는 물체의 영향을 많이 받는다. 함안의 고속도로변 데이터는 0.76  $\mu$ s와 0.92  $\mu$ s의 rms 지연 확산을 가지고 있고, 통영은 2.08  $\mu$ s와 2.12  $\mu$ s, 원주는 0.32  $\mu$ s와 0.36  $\mu$ s로 같은 지역은 비슷한 rms 지연 확산을 가지고 있고, 서로 다른 지역 간에는 차이를 보였고 김해, 마산, 밀양도 0.26  $\mu$ s, 0.25  $\mu$ s, 0.18  $\mu$ s로 서로 비슷한 rms 지연 확산을 가지고 있다. 고속도로변에서의 도플러 확산은 이동하는 차량에 의해 발생한다. 차량의 속도가 빠르고 크기가 크고 소통량이 많을수록 도플러 확산은 커진다. 시외 지역에서는 차량의 이동이 적고 구조물도 적어 낮은 도플러 확산을 갖는다.

함안 #1은 차량의 소통이 원활하고 소통량도 많은 환경으로 고속으로 이동하는 차량이 많아 86.11 Hz의 평균 도플러 확산이 갖고 0.76  $\mu$ s의 rms 지연 확산과 5.08

표 3. 채널 특성 파라미터들의 평균  
Table 3. Average of channel characteristic parameters.

	함안#1	함안#2	통영#1	통영#2	원주#1	원주#2	김해	마산	밀양
Coherence bandwidth (MHz)	0.27	0.30	0.51	0.24	0.62	0.08	0.04	0.25	0.19
Coherence time (s)	0.13	0.18	0.13	0.12	0.12	0.12	0.13	0.17	0.13
Maximum excess delay ( $\mu$ s)	5.08	6.10	8.96	8.96	3.74	3.94	2.24	1.45	1.02
Mean excess delay ( $\mu$ s)	1.35	1.32	2.00	2.00	0.98	0.96	0.11	0.01	0.08
Rms delay spread ( $\mu$ s)	0.76	0.92	2.08	2.12	0.32	0.36	0.26	0.25	0.18
Doppler shift (Hz)	10.53	12.89	1.07	0.64	2.44	1.55	0.13	0.13	0.16
Doppler spread (Hz)	86.11	69.21	6.86	5.98	23.88	20.89	1.90	1.91	2.04
Spread factor ( $\times 10^{-6}$ )	65.75	64.02	14.28	12.71	7.68	7.54	0.49	0.48	0.36

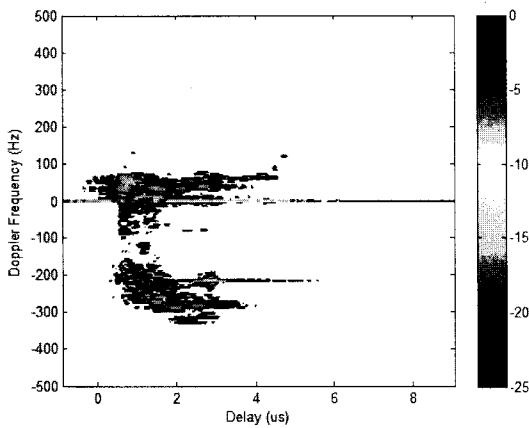


그림 3. 함안 #2에서의 산란 함수 윤곽선도  
Fig. 3. Contour diagram of the scattering function at Haman #2.

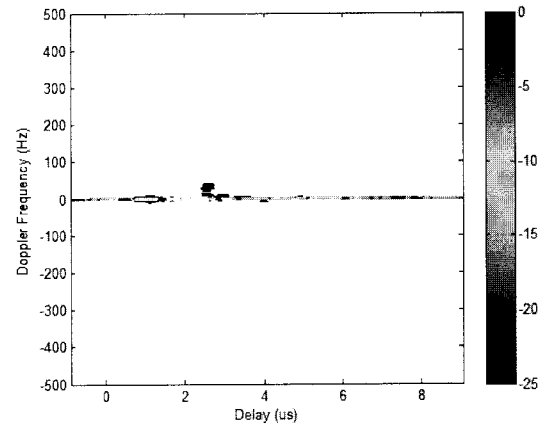


그림 5. 통영 #2에서의 산란 함수 윤곽선도  
Fig. 5. Contour diagram of the scattering function at Tongyeong #2.

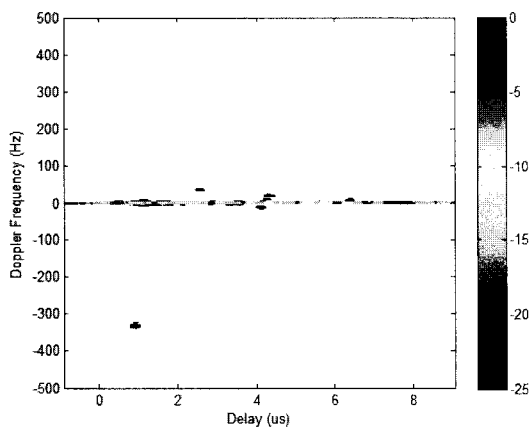


그림 4. 통영 #1에서의 산란 함수 윤곽선도  
Fig. 4. Contour diagram of the scattering function at Tongyeong #1.

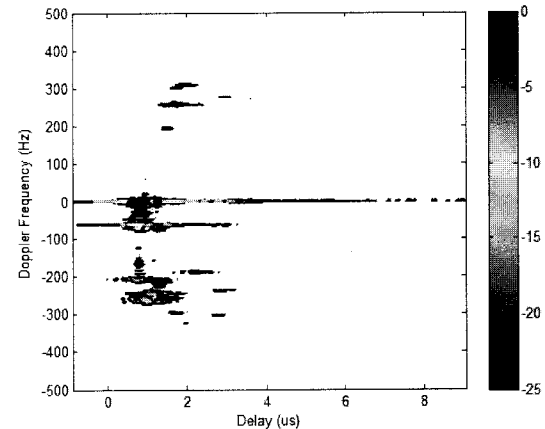


그림 6. 원주 #1에서의 산란 함수 윤곽선도  
Fig. 6. Contour diagram of the scattering function at Wonju #1.

$\mu\text{s}$ 의 최대 지연 확산을 갖는다. 그림 2는 함안 #1의 산란함수 윤곽선도이다.  $\pm 300 \sim \pm 400$  Hz의 도플러가  $4.5 \mu\text{s}$  까지 분포하고 있다. 함안 #2는 고속도로의 한쪽방향은 정체되어 있고 반대방향으로는 소통이 원활한 환경에서 측정되었고, 평균 도플러 확산이  $69.21$  Hz이고  $0.92 \mu\text{s}$  rms 지연 확산과  $6.10 \mu\text{s}$  최대 초과 지연 확산을 갖는다. 그림 3은 함안 #2의 산란함수 윤곽선도이다. 도로가 정체되어 길게 늘어서 있는 차량에 의해  $80$  Hz 이하의 낮은 도플러 주파수를 갖는 많은 궤환 신호를 포함하고 있다. 소통이 원활한 방향의 차량으로 인해  $-200 \sim -300$  Hz의 도플러가  $6 \mu\text{s}$  지연까지 나타난다.

통영 #1과 통영 #2 데이터는 거의 유사한 결과를 보여주고 있으며, 차량의 소통량이 적어 지나가는 차량에 의해 발생하는 순간 도플러 주파수는 낮지 않지만 반사되어 들어오는 신호의 크기가 작아 평균도플러 주파수

가  $6$  Hz 정도로 낮게 나왔다. 그림 4는 통영#1의 산란함수 윤곽선도이고 그림 5는 통영 #2의 산란함수 윤곽선도이다. 도로위에 차량의 이동이 거의 없고, 고정된 주위 환경에 의해 궤환 채널이 형성되어 통영 #1과 통영 #2의 차이가 없다.

원주 #1, 원주 #2는 소통이 원활할 때 측정되었다. 도플러 확산은  $23.88$  Hz와  $20.89$  Hz이고, rms 지연 확산은  $0.32 \mu\text{s}$ ,  $0.36 \mu\text{s}$ 로 낮게 나왔다. 최대 초과 지연도  $4 \mu\text{s}$  이내에 있어 궤환 신호가 짧은 지연 시간에 집중되어 있다. 그림 6은 원주 #1의 산란함수 윤곽선도이고 그림 7은 원주 #2의 산란함수 윤곽선도이다. 대부분의 도플러 주파수는  $\pm 300$  Hz 부근에서 발생하였고, 함안 데이터에 비해 상대적으로 적은 도플러를 갖는다. 원주 #1과 원주 #2는 모두 소통이 원활한 경우로 비슷한 결과를 나타내었고, 고속도로의 궤환 신호는 차량의 소통

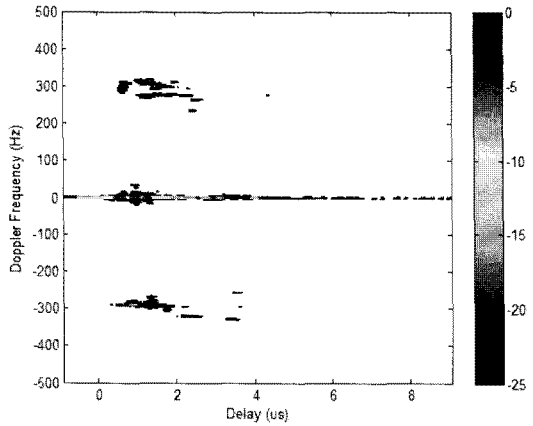


그림 7. 원주 #2에서의 산란 함수 윤곽선도  
Fig. 7. Contour diagram of the scattering function at Wonju #2.

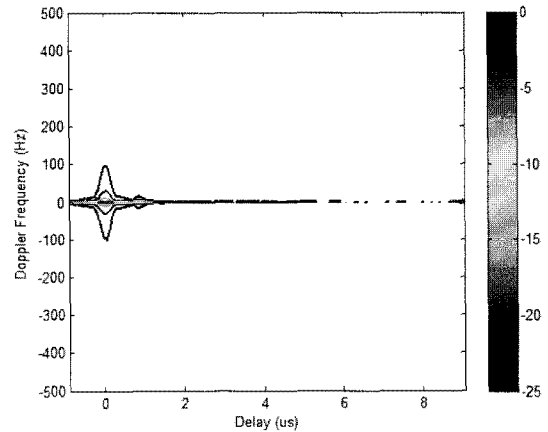


그림 10. 밀양에서의 산란 함수 윤곽선도  
Fig. 10. Contour diagram of the scattering function at Miryang.

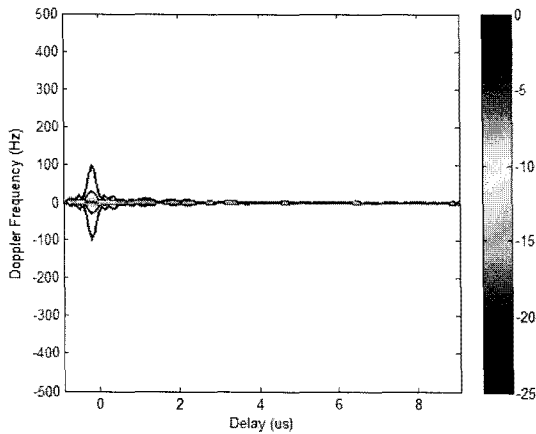


그림 8. 김해에서의 산란 함수 윤곽선도  
Fig. 8. Contour diagram of the scattering function at Gimhae.

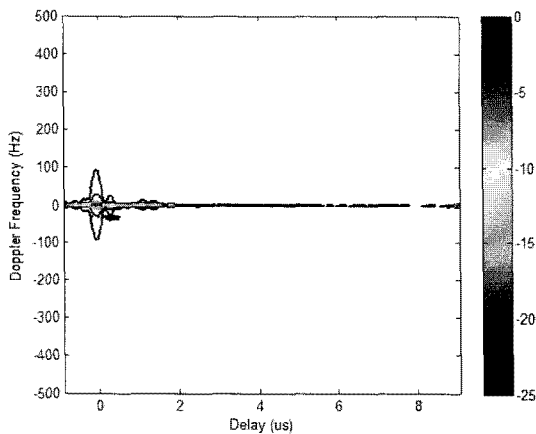


그림 9. 마산에서의 산란 함수 윤곽선도  
Fig. 9. Contour diagram of the scattering function at Masan.

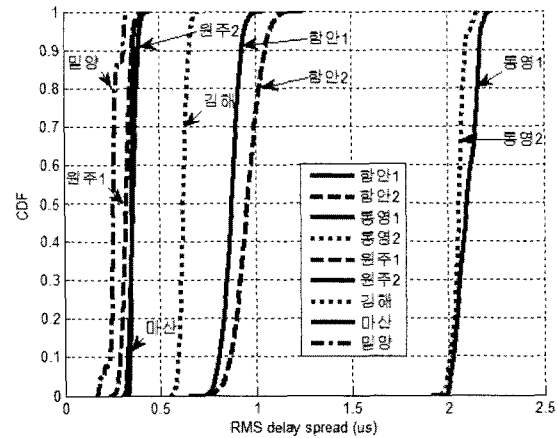


그림 11. RMS 지연 확산의 누적분포도  
Fig. 11. Cumulative Distribution of RMS delay spread.

이 원활한 경우에 비교적 대칭적인 도플러 스펙트럼을 보여주었다.

김해, 마산, 밀양은 시외 지역으로 차량의 소통이 적고, 인공적인 구조물도 적어 채널의 변화가 많지 않다. 그림 8~10은 김해, 마산, 밀양의 산란함수 윤곽선도를 나타낸 것으로 높은 도플러 주파수를 보이는 성분은 보이지 않는다. 또한 지연 0  $\mu$ s 부근에서 가장 큰 에너지를 가지고 있어 궤환 신호의 주성분이 주위 환경에 의한 반사파가 아니라 송신 안테나와 수신 안테나 사이의 직접 경로를 통해 전파된 신호로 이루어져 있다. 도플러 확산은 김해 1.90 Hz, 마산 1.91 Hz, 밀양 2.04 Hz로 채널의 변화가 거의 없다.

그림 11은 함안, 통영, 원주, 김해, 마산, 밀양의 9개 측정 데이터에서 310초 동안의 rms 지연 확산을 누적

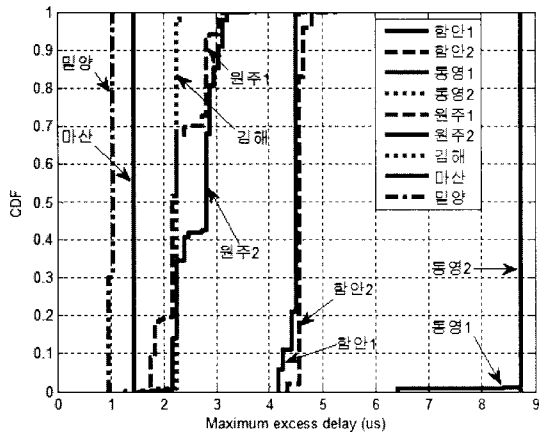


그림 12. 최대 초과 지연의 누적분포도  
 Fig. 12. Cumulative Distribution of maximum excess delay spread.

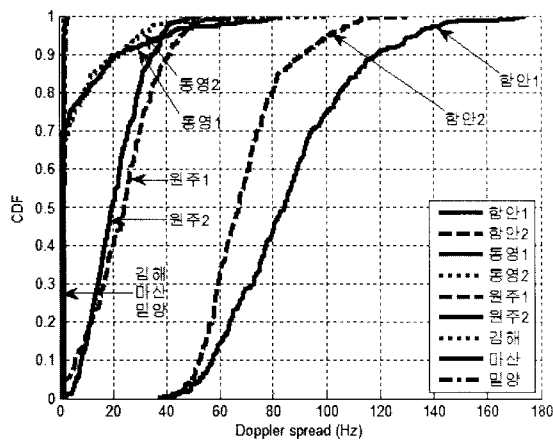


그림 13. 도플러 확산의 누적분포도  
 Fig. 13. Cumulative Distribution of Doppler spread.

분포 시킨 것이다. 그림의 그래프는 왼쪽에서부터 밀양, 원주#1, 마산, 원주#2, 김해, 함안#1, 함안#2, 통영#2, 통영#1의 순서이다. rms 지연 확산은 라이시안 분포의 누적분포도와 비슷하며, 지연 확산 측정 지역에 따라 확연히 구별된다. 지연 확산과 도플러와의 관계는 나타나지 않지만, 반사파가 적은 시외 지역은 낮은 지연 확산을 갖는다. 그림 12는 최대 초과 지연 확산의 누적 분포도이다. 그림의 그래프는 왼쪽에서부터 밀양, 마산, 김해, 원주#1, 원주#2, 함안#1, 함안#2, 통영#1, 통영#2의 순서로 rms 지연 확산과 비슷한 순서이다. 채널 추정에 사용한 TDL 모델은 125 탭으로 10  $\mu$ s의 필터 길이를 가지고 있다. 처음 1  $\mu$ s를 송신부에서 수신부로 가는 시스템 지연이고 9  $\mu$ s의 초과 지연까지 추정할 수 있다. 통영 데이터는 도플러 확산은 작지만 고정되어 있는 반사체에 의한 궤환 신호가 9  $\mu$ s 부근까지 임계값인 침투

치 대비 -30 dB 이상으로 들어오고 있어 채널 추정에 사용되는 필터 탭을 늘릴 필요가 있다.

그림 13은 310초 동안의 도플러 확산을 누적 분포 시킨 것이다. 그림의 그래프는 오른쪽에서부터 함안#1, 함안 #2, 원주#1, 원주#2, 통영#1, 통영#2 그리고 김해, 마산, 밀양의 그래프가 가장 왼쪽에 겹쳐져 표시되어 있다. 시외 지역의 데이터에서는 도플러가 거의 발생하지 않았고, 고속도로변에서 측정된 데이터의 경우 누적 분포 0.8~0.9까지는 선형적으로 증가하다가 누적 분포 0.9 이후 기울기가 완만해져, 높은 도플러 확산을 갖는 10%는 그 편차가 크을 알 수 있다.

VI. 결 론

채널의 특성을 분석하는데 산란 함수, 지연 전력 스펙트럼, 도플러 전력 스펙트럼은 시각적으로 많은 정보를 제공한다. 핑거의 수와 위치, 지연에 따른 감쇄, 도플러 주파수와 에너지 등의 정보를 채널을 분석하는데 매우 유용하지만, 채널을 비교 분석하고, 시뮬레이션하기 위해서는 채널의 특성을 파라미터로 표현하는 것이 유용하다. 본 논문에서는 함안, 통영, 원주, 3지역에서 6가지 고속도로변 데이터와 김해, 마산, 밀양, 3지점의 시외 지역 측정 데이터를 가지고 8가지 채널 파라미터를 구하고, 지연 확산과 도플러 확산의 누적 분포도로 시변하는 채널의 통계적인 특성을 조사하였다. 고속도로변과 시외 지역의 채널 파라미터 차이를 보았고, 측정 지역의 환경에 의해 지연 확산과 도플러 확산의 변화를 보았다.

참 고 문 헌

- [1] 문우식, 임성빈, 김현채, 권낙원, “무선 중계시스템의 무선 궤환 간섭 채널 측정 및 특성 분석,” *전자공학회논문지 TC편*, vol. 46, no. 1, pp. 40~47, Jan. 2009.
- [2] John G. Proakis, and Masoud Salehi, *Digital Communications (Fifth Edition)*, McGrawHill, 2008.
- [3] Heinrich Meyr, Marc Moeneclaey, and Stefan A. Fechtel, *Digital Communication Receivers*, Wiley, 1998.
- [4] P. C. Fannin, and A. Molina, “Analysis of mobile radio channel sounding measurements in inner city Dublin at 1.808GHz,” *IEE Proc*.

- Commun.*, vol. 143, no. 5, pp. 311-316, Oct. 1996.
- [5] Xiongwen Zhao, Jarmo Kivinen, Pertti Vainikainen, and Kari Skog, "Propagation Characteristics for Wideband Outdoor Mobile Communications at 5.3 GHz," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 20, no. 3, pp. 507-514, Apr. 2002.
- [6] John Austin, Walter P. A. Ditmar, Wai Keung Lam, Enric Vilar, and Kin Wa Wan, "A Spread Spectrum Communications Channel Sounder," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 45, no. 7, pp. 840-847, July 1997.
- [7] Simon Haykin, *Adaptive Filter Theory (Fourth Edition)*, PrenticeHall, 2002.

저 자 소 개



문 우 식(학생회원)  
 2007년 숭실대학교  
 정보통신전자공학부 학사  
 2009년 숭실대학교  
 정보통신공학과 석사  
 2009년~현재 숭실대학교  
 정보통신공학과  
 박사과정 재학중

<주관심분야 : WCDMA, 채널 모델링, 적응 신호 처리>



서 만 중(학생회원)  
 2005년 한국교육개발원  
 정보통신공학과 학사  
 2007년 숭실대학교  
 정보통신공학과 석사  
 2007년~현재 숭실대학교  
 정보통신공학과  
 박사과정 재학중

<주관심분야 : OFDM PAPR 감소기법, DVB-T 시스템, Super-RENS 시스템, 비선형 신호처리>



임 성 빈(정회원)  
 1986년 서울대학교  
 전자공학과 학사  
 1988년 서울대학교  
 전자공학과 석사  
 1994년 University of Texas at  
 Austin 전기 및 컴퓨터  
 공학과 박사

1995년~현재 숭실대학교 정보통신전자공학부  
 교수

<주관심분야 : 비선형 신호처리, 통신 시스템, 디지털 방송 시스템>