

논문 2017-54-3-4

# 전파 측정 데이터 기반 L 대역 간섭 환경 확률분포 추정

## ( Estimation of Probability Distribution of L-Band Interference Environment Based on Field Measurement Data )

오 장 훈\*, 김 중 성\*\*, 윤 동 원\*\*\*, 박 남 형\*\*\*\*, 최 효 기\*\*\*\*

( Janghoon Oh, Jong-Sung Kim, Dongweon Yoon<sup>©</sup>, Namhyoung Park, and Hyogi Choi )

### 요 약

현대 전자전에서는 통신 및 감시의 목적으로 무선 전파를 사용하는 다양한 장비들이 운용되고 있는데, 이러한 장비들이 동일한 대역에서 운용될 경우 서로 전파 간섭에 의한 영향을 줄 수 있다. L 대역의 경우 레이더 등의 다양한 전파 장비들이 운용 중이며, 동 대역에서 신규 전파 장비가 운용될 경우 기존 전파 장비들이 간섭원으로 작용하여 성능에 영향을 줄 수 있으므로 이런 간섭 영향에 대한 연구가 필요하다. 본 논문에서는 L 대역 간섭 환경에 대한 수학적 분석의 토대를 마련하기 위하여 실제 측정된 L 대역 전파 측정 데이터 중 특정 임계값 이상의 데이터를 활용하여 간섭 신호의 확률분포를 추정한다. 먼저 확률분포 후보군을 선정한 후 그 중 최근접 확률분포를 식별하여 제시한다. 본 연구 결과는 L 대역 간섭 환경의 수학적 접근을 위한 기초 자료로 활용이 기대된다.

### Abstract

In modern electronic warfare, a variety of devices are being operated in the fields for the purposes of communication and surveillance. Therefore, if such devices work in the same band, interference may occur and affect each other. Regarding L-band in which various devices including radar systems are operating, interference from existing devices may affect new ones in the band. In this paper, we estimate a probability distribution of the interference environment in L-band from the selected measurement data, which is fundamental for the mathematical analysis. After selecting the candidates of probability distribution, we suggest the best one from the group. The results of this study are expected to be utilized as fundamental data for the mathematical approach to the L-band interference environment.

**Keywords :** L-band, field measurement, tactical data link, interference, probability distribution

## I. 서 론

현대의 전자전에서는 통신, 레이더 등 무선 전파를 사용하는 다양한 장비들이 운용되고 있으며 이런 장비

들이 동시에 운용될 경우 서로에 간섭 영향을 줄 수 있다. L 대역에서는 레이더 등의 다양한 장비들이 운용 중이며 동 대역에서 타 전파 장비가 운용될 경우 기존 운용 중인 전파 장비들이 간섭원으로 작용하여 성능에 영향을 줄 수 있으므로 간섭 영향에 대한 연구가 필요하다. 간섭 영향의 수학적 분석을 위한 토대가 되는 간섭 환경의 확률분포를 추정할 필요가 있다.

기존에 다양한 간섭 영향에 대한 분석 연구들이 수행 되어 왔는데, Ku 대역에서 SSO (Space Shuttle Orbiter) 링크와 SSF (Space Station Freedom) 링크가 같은 반송파 주파수를 사용함에 따라 발생하는 간섭 영향을 분석하는 연구<sup>[1]</sup>, 800MHz 대역에서의 DVB-T 채널과 LTE 서비스 간의 간섭 영향을 분석하는 연구<sup>[2]</sup>, 방송채널에서 이중 통신시스템 간 간섭 영향을 분석한 연구<sup>[3]</sup>,

\* 학생회원, 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과  
(Department of Electronics and Computer Engineering, Hanyang University), 공동 1저자

\*\* 정회원, 국방과학연구소(Agency for Defense Development), 공동 1저자

\*\*\* 평생회원, 한양대학교 융합전자공학부(Department of Electronic Engineering, Hanyang University)

\*\*\*\* 정회원, 한화시스템(Hanwha Systems)

© Corresponding Author(E-mail : dwyoon@hanyang.ac.kr)

※ 이 연구는 2016년도 한화시스템(주)의 재원을 지원 받아 수행한 연구임.

Received ; October 26, 2016 Revised ; February 6, 2017

Accepted ; February 20, 2017

Wi-Fi 네트워크 간 상호 간섭 영향을 분석한 연구<sup>[4]</sup> 등이 있다. 한편, 확률분포 추정과 관련하여서는 SAR (Synthetic Aperture Radar) 신호에 대하여 K 분포의 일반적인 형태를 이용하여 확률분포를 추정하는 연구<sup>[5]</sup>, 광통신 시스템에 PMD (Polarization Mode Dispersion) 와 ISI (Inter Symbol Interference) 그리고 ASE (Amplified Spontaneous Emission) 잡음이 있을 때의 확률분포를 추정하는 연구<sup>[6]</sup>, 음향 신호들에 대하여 시간과 주파수 영역에서의 확률분포를 추정하는 연구<sup>[7]</sup> 등이 이루어졌다. 추가적으로 L 대역 및 인근 UHF 또는 S 대역에서 페이딩 결과에 대한 측정 및 분석에 대한 연구<sup>[8]</sup>와 간섭 측정용 복사계를 이용한 위성통신을 위한 간섭 원인에 대한 연구<sup>[9]</sup> 등이 이루어졌으나, 목표 대역에서의 무선 통신 환경을 분석하기 위한 간섭 환경 분석 연구와는 그 방향성에서 차이가 존재한다.

본 논문에서는 L 대역 간섭 환경에 대한 분석을 위한 토대를 마련하기 위해 실제 측정된 L 대역 전파 데이터 중 특정 임계값 이상의 데이터를 활용하여 간섭 신호의 확률분포를 추정하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 우선 2장에서는 L 대역 전파 환경 측정 데이터에 대한 개요와 L 대역 간섭 요인들을 살펴봄으로써 L 대역 간섭 환경에 대하여 설명한다. 3장에서는 2장에서 설명한 측정 데이터를 기반으로 L 대역 간섭 환경의 확률분포를 추정한 후 4장에서 결론을 제시한다.

## II. 측정 데이터 기반 L 대역 간섭 환경 분석

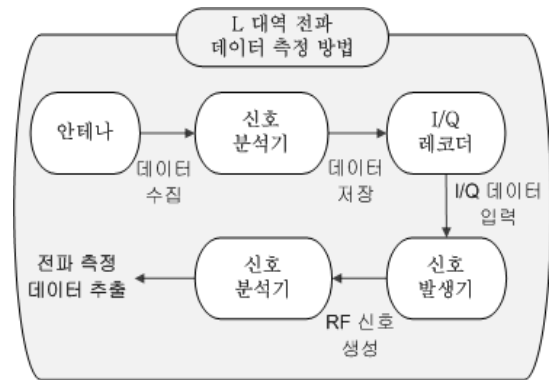
이 장에서는 통신 및 레이더 등 다양한 장비들이 운용되고 있는 L 대역 통신 환경을 분석한다. 분석을 위해 활용되는 전파 데이터의 측정 방법을 살펴보고 간섭으로 인한 영향을 줄 수 있는 요인들이 어떤 것이 있는지 분석하기 위해 대한민국 주파수 분배표를 통하여 살펴본다.

### 1. L 대역 측정 데이터 개요

L 대역은 1215MHz~1400MHz의 주파수 대역으로 무선통신 및 레이더 등 다양한 전파 장비들이 운용되고 있다. 대상 실험 대역의 전파 환경을 측정하기 위하여 안테나를 통해 전파 환경 측정 데이터를 수집한 후 신호 분석기를 이용하여 데이터를 분석한다. 분석한 데이터는 I/Q 레코더를 통해 I/Q 디지털 데이터로 저장된다.

이렇게 생성된 I/Q 디지털 데이터를 신호 발생기를 이용하여 L 대역 RF 신호로 재생성한 후 최종적으로 신호 분석기를 통해 전파 측정 데이터를 추출한다. 이를 블록도로 나타내면 그림 1의 (a)와 같다. 또한 실제 항공기를 이용하여 전파 측정 시에 측정 장비들을 이용한 측정 셋업 및 항공기의 안테나 취부 사진이 그림 1의 (b)와 (c)에 제시되어 있다.

L 대역 전파 측정 데이터는 국내 지역 측정 데이터이며, 측정 장비의 기술적 제약 사항으로 측정 대상 주파수 밴드 및 측정 시간을 일정 간격으로 분할하여 측정하고 후처리를 통하여 통합한 결과이다.



(a) 측정 셋업 블록 다이어그램

(a) Block diagram of measurement setup



(b) 측정 셋업 사진

(b) Picture of measurement setup



(c) 측정 안테나 취부 사진

(c) Picture of attached measurement antenna

그림 1. L 대역 전파 데이터 측정 구성

Fig. 1. Radio wave data measurement setup in L band.

### 2. L 대역 간섭 환경

측정한 결과 데이터를 이용하여 간섭환경에 대한 분석을 수행하기 위해서는 전파 측정 대역인 L 대역에서 발생 가능한 무선 채널의 잠재적인 간섭 요인에 대한 확인을 필요하다. 따라서, L 대역에서 무선 채널 환경에 영향을 주는 타 전파사용 장비들의 운용 가능성을 확인하고자 대한민국 주파수 분배표 상 L 대역에 대하여 허가된 주파수 현황을 살펴보면 다음의 표 1과 같다.

표 1. 대한민국 주파수 분배표 상 L 대역 주파수 사용 현황

Table1. L-band frequency usage in table of frequency allocation.

주파수 (단위: MHz)	업 무
1215~1260	· 무선표정 · 무선항행위성 · 지구탐사위성 · 우주연구
1260~1300	· 무선표정 · 지구탐사위성 · 아마추어
1300~1350	· 무선표정 · 항공무선항행
1350~1400	· 무선표정 · 전파천문 · 지구탐사위성 · 우주연구

우리나라에서 L 대역은 무선표정, 무선항행위성, 지구탐사위성, 아마추어, 우주연구, 전파천문, 항공무선항행 등의 용도로 사용되고 있다. 여기서 무선표정이란 무선 항행 업무 외의 무선 측위 업무로 전파의 직진성 또는 전파의 정속도성을 이용하여 측량을 위한 위치의 측정 즉, 레이다를 의미하며, 지구탐사위성은 지구의 자연현상, 자원 등에 관계되는 정보를 수집하기 위한 지구국과 우주국 간의 무선 통신 업무를, 아마추어의 경우는 금전상의 이익을 위해서가 아니라 개인적인 무선 기술에 대한 흥미를 위해 행하는 통신 및 기술 연구 업무를 의미한다. 결국 L 대역에서 타 전파 장비를 사용할 시 간섭 요인으로 작용할 신호는 레이다 신호, 위성 지구국과 우주국 간의 신호, 아마추어 신호 등임을 추정할 수 있다. 본 논문은 위에서 설명한 간섭요인들의 영향에 대한 분석을 위해 먼저 L 대역 전체 측정 데이터 중 가산성 백색 가우시안 잡음 신호 레벨 보다 높은 지점의 임계값을 설정하고 그 임계값 이상의 데이터만을 추출하여 확률분포를 추정한다.

### III. L 대역 간섭 환경 확률분포 추정

L 대역 간섭 환경의 확률분포 추정을 위하여 우선 왜도와 히스토그램으로 확률분포 후보군을 선정 후 그에 속한 확률분포들에 대해 최대우도추정법(Maximum Likelihood Estimation: MLE)을 이용하여 파라미터 값을 추정한다. 마지막으로 쿨백-라이블러 발산 기법과 그래프를 통하여 측정 데이터의 실제 분포와 확률분포 후보군을 비교함으로써 최근접 확률분포를 제시한다.

#### 1. 확률분포 후보군 선정

다양한 종류의 확률분포 중 L 대역 간섭 환경에 적용이 가능한 확률분포의 범위를 좁히기 위하여 먼저 대상 확률분포 후보군 선정을 수행한다. 이를 위해 L 대역 전파 환경 측정 데이터에서 구한 왜도를 이용하여 가능한 확률분포 후보군을 선정하고 히스토그램에 대한 분석을 통하여 그 적합성을 확인한다.

통계학에서 왜도는 실수 값 확률변수의 확률 분포 비대칭성을 나타내는 지표이다. 이런 비대칭성을 이용하여 확률분포 후보군을 선정한다. 특정 확률 변수의 왜도는 3차 표준 모멘트로 정의되며 아래와 같은 식으로 표현 할 수 있다.

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{x_i - \mu}{\sigma} \right)^3 \tag{1}$$

여기서  $n$ 은 총 데이터의 개수,  $\mu$ 는 평균,  $\sigma$ 는 표준편차,  $x_i$ 는  $i$ 번째 데이터의 값을 의미한다.

왜도 값이 양수일 경우에는 확률밀도함수의 오른쪽 부분에 긴 꼬리를 가지며 데이터가 왼쪽에 더 많이 분포한 형태인 정적편포(Positively Skewed Distribution)를 이루며 왜도 값이 음수일 경우에는 반대로 확률밀도함수의 왼쪽 부분에 긴 꼬리를 가지며 데이터가 오른쪽에 더 많이 분포한 형태인 부정편포(Negatively Skewed Distribution)를 이룬다. 왜도 값이 0일 경우에는 좌우 대칭인 분포를 이룬다. L 대역 전파 환경 측정 데이터 중 잡음 레벨의 임계값 이상의 크기를 가지는 데이터들의 왜도 값을 계산한 결과 2.0354이며, 이는 왜도 값이 양수이므로 측정 데이터 값이 정적편포인 확률분포를 가짐을 추정할 수 있다.

다음으로 히스토그램은 주어진 데이터를 이용하여 해당하는 분포의 확률밀도함수를 그리는 기본적인 방법이다. 히스토그램을 그리기 위해서는 주어진 데이터가 포함하는 범위를 동일한 크기의 여러 개의 구간으로 나눈 후 전체 데이터 중 각 구간에 포함된 데이터 개수들을 막대 그래프의 형태로 나타내는 것이다. 나타난 히스토그램을 정규화함으로써 주어진 데이터의 확률밀도함수를 얻을 수 있다. 여기서 값에 따라 그 모양이 조금씩 달라지는데 적정한 값 선정을 위하여 F-D (Freedman-Diaconis) 룰을 사용한다<sup>[10]</sup>. F-D 룰을 식으로 표현하면 아래와 같다.

$$k = 2 \frac{IQR}{\sqrt[3]{n}} \tag{2}$$

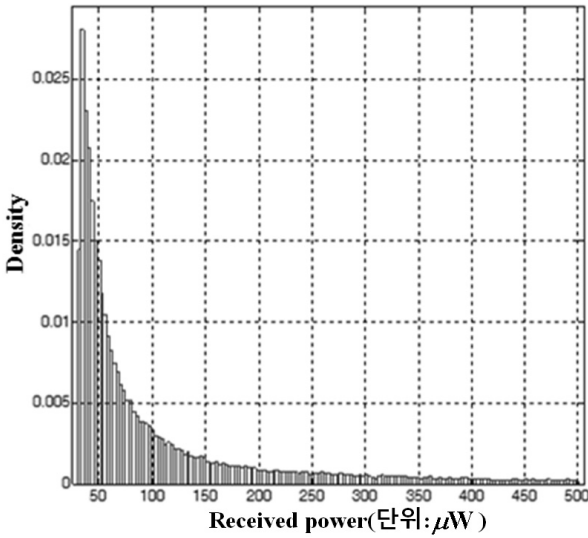


그림 2. 임계값 이상 L 대역 전파 측정 데이터 히스토그램  
Fig. 2. Histogram of L-band radio wave measurement data over threshold level.

여기서  $n$ 은 전체 데이터의 개수를, IQR은 사분범위(interquartile range)를 의미한다. F-D 룰을 이용하여 값을 구하면 125가 나왔으며 이를 이용하여 임계값 이상 L 대역 전파 측정 데이터의 정규화된 히스토그램을 그리면 그림 2와 같다.

그림 2를 살펴보면 오른쪽 부분에 긴 꼬리를 가지며 데이터가 왼쪽에 더 많이 분포한 형태인 정적편포(positively skewed distribution)임을 확인할 수 있다. 또한 히스토그램의 형태를 통해서 정적편포 중에서도 왼쪽으로 치우침의 정도가 심한 분포라는 것을 추정할 수 있다. 정적편포를 이루며 치우침의 정도가 큰 분포인 점을 고려하여 로그노말 분포, 로그로지스틱 분포, 감마 분포, GEV (Generalized Extreme Value) 분포 등을 확률분포 후보군으로 선정한다.

## 2. 확률분포 후보군 파라미터 값 계산

선정된 확률분포 후보군 중에서 최근접 확률분포를 추정하여 식별하기 위해 우선 후보 분포군 내 확률분포들의 파라미터 값을 계산한다. 이때 가장 보편적으로 사용되는 확률분포 파라미터 추정 기법인 최대우도추정법(Maximum Likelihood Estimation)을 사용하여 파라미터 값을 추정한다. 최대우도추정법이란 확률분포의 파라미터 값을 추정하는 기법으로 우도 함수를 구하고 이를 최대로 하는 파라미터 값을 추정한다. 우도 함수의 정의는 식 (3)과 같다.

$$\begin{aligned} L(\theta) &\equiv L(\theta; x_1, x_2, \dots, x_n) = f(x_1, x_2, \dots, x_n; \theta) \\ &= f(x_1; \theta) f(x_2; \theta) \cdots f(x_n; \theta) \\ &= \prod_{i=1}^n f(x_i; \theta), \text{ i.i.d. case only} \end{aligned} \quad (3)$$

여기서  $\theta$ 는 확률분포의 파라미터, 집합  $\{x_i\}$ 는 i.i.d. (independent and identically distributed)이며, 이 집합의  $n$ 개 샘플 관측치는  $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 이다.

위의 정의로 구해진 우도함수를 최대로 하는 파라미터 값을 얻기 위해 우도함수의 1차 도함수를 '0'으로 만드는 파라미터 값을 구한다. 확률분포 후보군 중 GEV 분포를 대상으로 최대우도추정법을 이용하여 파라미터 값을 추정하면 다음의 과정에 따라 구할 수 있다. 먼저 GEV 분포의 확률밀도함수(probability density function, PDF)는 식 (4)와 같다.

$$\begin{aligned} f(x; k, \mu, \sigma) &= \frac{1}{\sigma} \exp \left[ - \left( 1 + k \frac{(x - \mu)}{\sigma} \right)^{-1 - \frac{1}{k}} \right] \\ &\quad \cdot \left( 1 + k \frac{(x - \mu)}{\sigma} \right)^{-1 - \frac{1}{k}} \end{aligned} \quad (4)$$

여기서  $1 + k(x - \mu)/\sigma > 0$  이다. 이제 GEV 분포의 우도함수를 정의에 따라 구하고 계산의 편의를 위하여 로그를 취하면 각각 식 (5) 및 (6)과 같다.

$$\begin{aligned} L(k, \mu, \sigma) &= \prod_{i=1}^n f(x_i; k, \mu, \sigma) \\ &= \prod_{i=1}^n \frac{1}{\sigma} \left( 1 + k \frac{(x_i - \mu)}{\sigma} \right)^{-1 - \frac{1}{k}} \\ &\quad \cdot \exp \left[ - \left( 1 + k \frac{(x_i - \mu)}{\sigma} \right)^{-1 - \frac{1}{k}} \right] \\ &= \sigma^{-n} \left[ \prod_{i=1}^n \left( 1 + k \frac{(x_i - \mu)}{\sigma} \right)^{-1 - \frac{1}{k}} \right] \\ &\quad \cdot \exp \left[ - \sum_{i=1}^n \left( 1 + k \frac{(x_i - \mu)}{\sigma} \right)^{-1 - \frac{1}{k}} \right] \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \ln(L(k, \mu, \sigma)) &= \ln \left( \sigma^{-n} \left[ \prod_{i=1}^n \left( 1 + k \frac{(x_i - \mu)}{\sigma} \right)^{-1 - \frac{1}{k}} \right] \right) \\ &\quad \cdot \exp \left[ - \sum_{i=1}^n \left( 1 + k \frac{(x_i - \mu)}{\sigma} \right)^{-1 - \frac{1}{k}} \right] \\ &= -n \ln(\sigma) - \left( 1 + \frac{1}{k} \right) \sum_{i=1}^n \ln \left( 1 + k \frac{(x_i - \mu)}{\sigma} \right) \\ &\quad - \sum_{i=1}^n \left( 1 + k \frac{(x_i - \mu)}{\sigma} \right)^{-1 - \frac{1}{k}} \end{aligned} \quad (6)$$

자연로그를 취한 우도 함수의 각 파라미터에 대하여 편미분을 한 식을 구하면 식 (7)과 같다.

$$\begin{aligned} & \frac{\partial \ln(L(k, \mu, \sigma))}{\partial \mu} \\ &= -\frac{1}{\sigma} \sum_{i=1}^n \left[ \frac{1+k - (y_i)^{-\frac{1}{k}}}{(y_i)} \right] = 0 \\ & \frac{\partial \ln(L(k, \mu, \sigma))}{\partial \sigma} \\ &= -\frac{n}{\sigma} + \sum_{i=1}^n \left[ \left( \frac{(x_i - \mu)}{\sigma^2} \right) \frac{1+k - (y_i)^{-\frac{1}{k}}}{(y_i)} \right] = 0 \quad (7) \\ & \frac{\partial \ln(L(k, \mu, \sigma))}{\partial k} \\ &= \frac{1}{k^2} \sum_{i=1}^n \ln(y_i) \left[ 1 - (y_i)^{-\frac{1}{k}} \right] = 0 \end{aligned}$$

이때  $y_i = 1 + k(x_i - \mu/\sigma)$ 이다.

정리된 편미분 식의 해를 찾아 파라미터 값을 구하기 위하여 Newton-Raphson 알고리즘을 사용하여 근사 해를 구한다<sup>[11]</sup>. 확률분포 후보군에 속한 확률분포들에 대한 PDF식과 앞에서 제시한 방법으로 최대우도추정법을 이용하여 추정된 파라미터 값에 대한 결과는 표 2와 같다<sup>[12]</sup>.

### 3. 확률분포 후보군 중 최근접 확률분포 추정

앞서 구한 확률분포 후보군 중 실측 데이터에 대해 최근접 확률분포를 선정하기 위해서 쿨백-라이블러 발산(Kullback-Leibler Divergence) 기법을 이용한다<sup>[13]</sup>. 쿨백-라이블러 발산 기법은 두 확률분포 간의 차이를 계산하는데 사용되는 기법으로 정의식은 식 (8) 같다.

$$D_{KL}(P \parallel Q) = \int_{-\infty}^{\infty} p(x) \log \frac{p(x)}{q(x)} dx \quad (8)$$

여기서  $p(x)$ 는 기지의 특정 확률분포이며  $q(x)$ 는 확률분포  $p(x)$ 라고 추정되는 확률분포이다.

쿨백-라이블러 발산 기법의 정의식을 활용하여 측정 데이터의 실제 분포와 선택된 확률분포 후보군 간의 쿨백-라이블러 발산 값을 계산하면 표 3과 같다. 계산한 결과를 살펴보면 GEV 분포, 로그노말 분포, 로그로지스틱 분포, 감마 분포 순으로 작은 발산값이 나왔으며, GEV 분포의 경우는 타 확률분포들의 발산값에 비해 1/5 수준의 값을 가짐을 알 수 있다.

표 2. 추정 확률분포군의 PDF식 및 파라미터 값  
Table2. PDF equation and parameter value of estimated probability distribution group.

확률분포	PDF식 및 파라미터 값	
로그노말 분포	$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right], x > 0$	
	파라미터 값	$\mu = 4.53, \sigma = 0.76$
로그로지스틱 분포	$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma} \frac{1}{x} \frac{e^z}{(1+e^z)^2}, x > 0$ 여기서 $z = \frac{\log(x) - \mu}{\sigma}$	
	파라미터 값	$\mu = 4.49, \sigma = 0.45$
감마 분포	$f(x; a, b) = \frac{1}{b^a \Gamma(a)} x^{a-1} e^{-\frac{x}{b}}$	
	파라미터 값	$a = 1.76, b = 57.30$
GEV 분포	$f(x; k, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma} \exp\left[-\left(1+k\frac{(x-\mu)^2}{\sigma}\right)^{-\frac{1}{k}}\right] \left(1+k\frac{(x-\mu)}{\sigma}\right)^{-1-\frac{1}{k}}$	
	파라미터 값	$k = 0.89, \mu = 59.84, \sigma = 35.35$

표 3. 측정 데이터의 분포와 추정 확률분포간 쿨백-라이블러 발산값

Table3. Kullback-Leibler divergence value of L-band radio wave measurement data and estimated probability distributions.

확률분포	쿨백-라이블러 발산값
로그노말 분포	0.2704
로그로지스틱 분포	0.2827
감마 분포	0.3845
GEV 분포	0.0483

또한, 그림 3은 실제 측정 데이터의 정규화된 히스토그램과 선택된 확률분포들을 그래프로 나타내어 비교하고 있다. 이를 비교하여 살펴보면 GEV 분포가 측정 데이터의 분포에 가장 근접하며 나머지 3개의 분포의 경우는 상당한 차이를 보이는 것을 알 수 있다. 이처럼 GEV 분포가 가장 작은 쿨백-라이블러 발산값을 가지며, 히스토그램을 통해 측정 데이터의 분포와 선택된 확률분포 후보군 간의 비교에서도 가장 근접하다는 것을 알 수 있다. GEV 분포는 주로 집중 호우, 최대 해일

고와 같은 전체 데이터 중 매우 큰 값 또는 매우 작은 값들의 분포를 나타낼 때 사용되는 확률분포이다. 본 연구 또한 L 대역 전체 전파 측정 데이터 중 잡음레벨 임계값 이상의 데이터에 대해 분포를 추정함으로써 GEV 분포가 주로 적용되는 큰 값에 대한 추정의 경우로 판단할 수 있다.

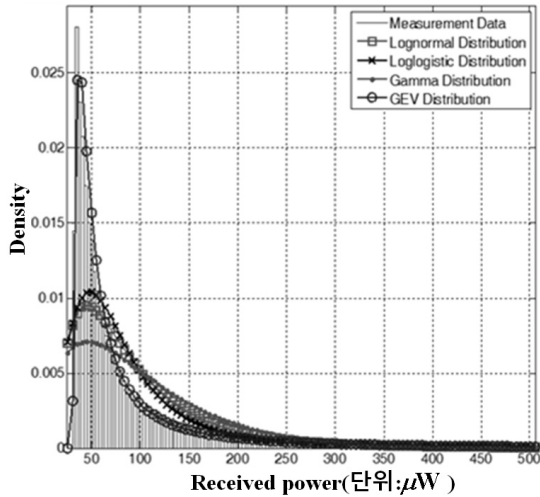


그림 3. L 대역 전파 측정 데이터 및 추정 확률분포군 확률분포 비교  
Fig. 3. Comparison of L-band radio wave measurement data probability distribution and estimated probability distributions.

하지만 그림 3에서와 같이 실측 전파 측정 데이터 중 그 크기가 작은 영역에서 이론적인 GEV 분포와 차이를 보이는 것을 알 수 있는데, 이는 2장에서 살펴본 듯이 레이더, 지구탐사위성, 아마추어 무선 등의 L 대역 간섭 요인들의 존재로 측정 신호 레벨에 영향을 주는 것으로 추정된다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 L 대역 실제 전파 측정 데이터를 기반으로 L 대역 간섭 환경의 확률분포를 추정하였다. 측정 데이터의 왜도와 히스토그램을 이용하여 확률분포 후보군을 선정한 후 최대우도기법을 통해 확률분포 후보군의 확률분포 파라미터를 추정한다. 그 후 쿨백-라이블러 발산 기법과 그래프 비교 분석을 통하여 측정 데이터의 분포와 선택된 확률분포 후보들을 비교한 결과 GEV 분포가 최근접한 확률분포임이 추정되었다. 측정 데이터의 분포의 경우 데이터의 크기가 작은 지점에

서 이론적 GEV 분포와 차이를 보였는데, 이는 레이더, 지구탐사위성, 아마추어 무선 등의 L 대역 간섭 요인들의 존재로 측정 신호 레벨에 영향을 주는 것으로 추정된다. 논문의 결과는 L 대역 간섭 환경의 수학적 접근을 위한 기초 자료로 활용 될 것으로 기대된다.

#### REFERENCES

- [1] Hyuck M. Kwon, Y. C. Loh, Kwei Tu, and William C. Gadd, "Interference Effects on Space Station Freedom and Space Shuttle Orbiter Ku-Band Single Access Return Links", IEEE Military Communications Conference, pp. 17-21, Sep. 1990.
- [2] M. Celidonio, P. G. Masullo, M. Vaser, G. Fusco, and M. Ferrante, "LTE Services Over the 800 MHz Band: Interference Effects on DVB-T Channels Caused by the Uplink Signal", AEIT International Annual Conference, pp. 1-6, Oct. 2015.
- [3] Inhwan Kim, HeungKi Baik, and Juphil Cho, "Analysis on Effect of Interference between Different Communication Systems in Broadcasting Channel", Journal of The Institute of Electronics Engineers of Korea, Vol. 48, No. 10, pp. 717-722 Oct. 2011.
- [4] Jie Zhang, Goo Yeon Lee, and Hwa Jong Kim, "Signal Interference of Neighboring Wi-Fi Networks on Data Throughput", Journal of The Institute of Electronics Engineers of Korea, Vol. 59, No. 11, pp. 659-665, Nov. 2012.
- [5] Y. Bian and B. Mercer, "SAR Probability Density Function Estimation Using a Generalized Form of K-Distribution", IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Vol. 51, No. 2, pp. 1136-1146, Apr. 2015.
- [6] Wenze. Xi, T. Adali, and Yi. Cai, "Probability Distribution Estimation for an Integrated Coding and Equalization Scheme in Optical Communications Systems", IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, pp. 961-964, Mar. 2005.
- [7] V. Arora and R. Kumar, "Probability Distribution Estimation of Music Signals in Time and Frequency Domains", IEEE International Conference on Digital Signal Processing, pp. 409-414, Aug. 2014.
- [8] W. Vogel and J. Goldhirsh, "Fade Measurements at L-Band and UHF in Mountainous Terrain for Land Mobile Satellite System", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 36, No. 1 pp.

104-113, Jan. 1988.

[9] A. J. Camps, I. Corbella, F. Torres, J. Bara and J. Capdevila, "RF Interference Analysis in Aperture Synthesis Interferometric Radiometers: Application to L-Band MIRAS Instrument", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 38, No. 2, pp. 942-950, Mar. 2000.

[10] D. Freedman and P. Diaconis, "On the Histogram as a Density Estimator: L2 Theory", Probability Theory and Related Fields, Vol. 57, No. 4 pp. 453-476, Dec. 1981.

[11] J. R. M. Hosking, "Algorithm AS 215: Maximum-likelihood Estimation of the Parameters of the Generalized Extreme-value Distribution", Applied Statistics, Vol. 34, No. 3, pp. 301-310, May 1985.

[12] K. Knight, "Mathematical Statistics", Chapman & Hall/CRC, pp. 237-306, Nov. 1999.

[13] Kullback. S and Leibler. R. A, "On information and Sufficiency", Annals of Mathematical Statistics, Vol. 22, No. 1, pp. 79-86, Mar. 1951.

저 자 소 개



오 장 훈(학생회원)  
 1996년 한양대학교 전자통신공학과 학사 졸업  
 2006년 Univ. of California, Irvine Electrical and Computer Engineering 석사 졸업

2011년~현재 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 박사 과정  
 <주관심분야: 통신이론, 이동통신 시스템, 국방통신>



박 남 형(정회원)  
 2014년 제주대학교 통신공학과 학사 졸업  
 2016년 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 석사 졸업  
 2016년~현재 한화시스템

<주관심분야: 국방통신, 위성 및 우주 통신>



김 종 성(정회원)  
 1984년 숭실대학교 전자계산학과 학사 졸업  
 1986년 숭실대학교 전자계산학과 석사 졸업  
 1997년 포항공과대학교 컴퓨터공학과 박사 졸업

1986년~현재 국방과학연구소  
 <주관심분야: 전송데이터링크, 통신시스템, 컴퓨터네트워크>



최 효 기(정회원)  
 2001년 숭실대학교 정보통신전자공학부 학사 졸업  
 2003년 숭실대학교 통신신호처리 석사 졸업  
 2003년~현재 한화시스템

<주관심분야: 전송데이터링크, 시스템 동기 및 등화기>



윤 동 원(평생회원)  
 2004년~현재 한양대학교 융합전자공학부 교수  
 2015년~현재 신호정보 특화연구센터장

<주관심분야: 통신이론, 무선통신, 위성 및 우주통신, 신호정보>