

전파 잡음 데이터베이스 구축을 위한 프로그램 개발

Development of a Program for Constructing Electromagnetic Noise Database

육재림 · 허문만* · 윤현보*

Jai-Lim Yuk · Moon-Man Hur* · Hyun-Bo Yoon*

요약

유전자 알고리즘을 사용하여 전파 잡음의 통계적 모형(APD: amplitude probability distribution)으로부터 최적 파라미터를 추출, 데이터베이스화하는 프로그램을 개발하였다. 제안된 파라미터 추출 방법은 기존의 시행 착오 법과 비교하여 추출 시간이 단축되고 추출 과정의 자동화가 가능하며 각 파라미터별로 국부적 최적화가 아닌 전역적 최적화를 시행할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

Abstract

This paper introduces a program by which we can extract the optimal parameters from the statistical model, the amplitude probability distribution(APD), of the electromagnetic noise using genetic algorithm. The genetic algorithm used in this program has the advantages of the reduction of calculation time, the automation of extraction process, and the operation of global optimization.

Key words : Electromagnetic Noise, Measurement, APD, Parameter Extraction, Genetic Algorithm(GA)

I. 서론

전파 잡음은 자연적 또는 인공적으로 항상 존재하는 잡음으로 특히 가정용, 산업용, 과학용, 의료용 전자전기 기기에서 발생하는 비의도성 전파 잡음은 현대 사회가 고도로 발전함에 따라 증가하고 있는 추세이다. 이러한 전파 잡음은 인간 생활에 편리한 방송 및 통신에 혼신, 잡음, 통화단절 등의 심각한 문제를 야기하고 있다^[1].

비의도성 전파 잡음은 광대역에서 분포하는 임펄스성 잡음으로 측정 주파수 대역, 시간, 지역, 환경 등에 따라 변화하는 매우 랜덤한 데이터이기 때문에 그 특성을 정확하게 파악하기 위해서는 잡음을 반복 측정하여 통계·확률적으로 분석해야 한다^{[2]~[4]}.

또한, 여러 가지 조건에 따라 반복 측정된 전파 잡음의 데이터는 매우 방대해 양이 되기 때문에 효과적인 데이터 저장을 위한 방법이 고려되어야 한다. 이러한 잡음 측정 데이터의 저장 방법으로는 잡음의 통계적 모형으로부터 소수의 파라미터를 추출하여 그 파라미터만을 저장하고 필요에 따라 저장된 파라미터만으로 잡음의 통계적 모형을 복원하는 방법이 사용되고 있다.

일반적인 파라미터 추출 방법으로는 잡음을 임의의 협대역 수신기와 비교하여 그 대역폭 특성에 따라 A, B, C급으로 분류하고 각각의 등급에 대한 잡음의 통계적 모형을 계산하여, 그 등급별 통계적 모형으로부터 파라미터를 추출하는 방법이 Middleton에 의하여 제안되었다^{[5],[6]}. 이것은 A급 잡음은 3개

「이 연구는 정보통신부 전파연구소의 지원으로 연구되었음.」

정보통신부 전파연구소(Radio Research Laboratory, MIC)

*동국대학교 전자공학과(Department of Electronic Engineering, Dongguk University)

· 논문 번호 : 20040506-063

· 수정완료일자 : 2004년 7월 14일

의 파라미터, B급 잡음은 6개의 파라미터, C급 잡음은 우세 잡음(A급 또는 B급)의 파라미터를 시행착오(trial and error)법으로 추출하는 것이다.

본 논문에서는 측정된 잡음의 통계적 모형과 파라미터로 복원된 통계적 모형을 동일하게 하기 위한 최적 파라미터 추출 방법으로 유전자 알고리즘^{[7]~[10]}을 적용하였다. 제안된 파라미터 추출 방법은 잡음의 등급 구별 없이 9개의 잡음 파라미터를 추출하는 방법으로 기존의 시행착오법에 비해 파라미터 추출의 자동화가 가능하고 계산 시간을 절약할 수 있으며, 각 파라미터별로 국부적 최적화(local optimization)가 아닌 전역적 최적화(global optimization)를 실행할 수 있다는 장점을 가지고 있다^[11].

그리고 개발된 전파 잡음 DB 구축 프로그램은 그래픽 사용자 환경(GUI: graphic user interface)을 적용하여 누구나 손쉽게 사용할 수 있도록 하였다.

II. 전파 잡음 DB 구축 프로그램의 구성

전파 잡음 DB 구축 프로그램은 크게 두 가지의 하위 프로그램으로 구성되어 있다. 하나는 랜덤 데이터인 전파 잡음을 측정하여 통계적 모형으로 처리하고 그 통계적 모형으로부터 파라미터를 추출, 저장하는 측정 프로그램이고, 다른 하나는 저장된 파라미터로부터 잡음의 통계적 모형을 복원하는 확률 모형 복원 프로그램이다.

그림 1은 개발된 프로그램의 전체 처리 과정을 나타내는 것으로 각각의 처리 단계에서 그 결과를 컴퓨터 모니터에 표시하게 된다.

전파 잡음의 측정은 실제 스펙트럼 분석기에서 이루어지며 전파 잡음 DB 구축 프로그램은 GPIB 카드를 통하여 스펙트럼 분석기를 제어하고, 미리 정해진 횟수만큼 반복적으로 측정된 잡음 데이터를 받아서 메모리에 저장하게 된다. 이렇게 저장된 잡음 데이터는 통계적 모형으로 처리되어 파라미터 추출 과정에서 사용된다.

개발된 전파 잡음 DB 구축 프로그램에서 적용한 통계적 모형은 진폭 확률 분포(APD: amplitude probability distribution)로써, 통신 시스템에서의 자연 잡음 및 인공 잡음에 의한 장애현상을 평가할 때 가장 유용한 통계적 표현이다. 왜냐하면 수신기를 설계할

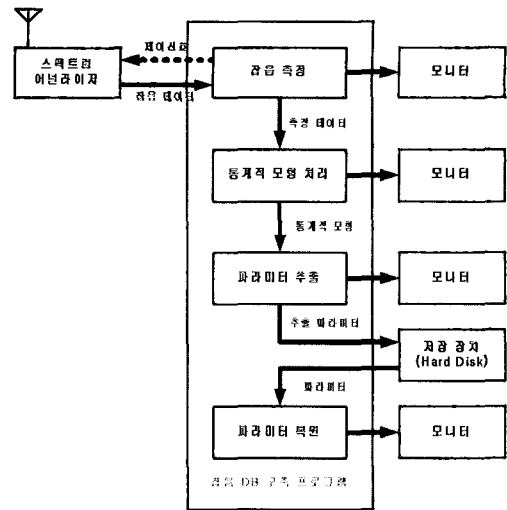


그림 1. 전파 잡음 DB 구축 프로그램의 처리 과정
Fig. 1. The process of EM noise DB construction program.

때는 잡음의 실효 강도뿐만 아니라 분포 특성도 고려해야 하며, 특히 펄스 통신이나 미약한 신호를 검출하는 수신기 등에서는 일정한 진폭 이상의 임펄스형 잡음 분포가 통신 시스템의 어려움을 결정하므로 APD 특성이 중요한 측정 요소가 된다.

진폭 확률 분포(APD)는 다음 식과 같이 표현되는 데, 여기서 n 은 $v_i \geq v$ 가 되는 측정 횟수, v_i 는 측정된 잡음의 전력, v 는 기준 전력, N 은 전체 측정 횟수이다.

$$APD = \frac{n(v_i \geq v)}{N} \times 100 \quad (\%) \quad (1)$$

파라미터 추출 과정은 측정, 처리된 APD 곡선과 동일한 APD 곡선을 만드는 파라미터를 추출하는 것으로써, 개발된 프로그램에서는 유전자 알고리즘(genetic algorithm)을 적용하였다. 이 알고리즘은 제 III장에서 자세히 설명하였다.

전파 잡음 DB 구축 프로그램에 의하여 추출된 9개의 파라미터는 측정 조건(측정 주파수, 전파 환경)과 함께 파일(*.apd)로 저장되며, 이 파일은 필요에 따라 언제든지 불러와서 잡음의 APD를 표현할 수 있다. 이런 방법으로 파라미터 파일을 불러오거나 직접 여러 가지 파라미터를 입력하여 잡음의 통계적 모형을 복원하는 프로그램이 확률모형 복원 프로그램

램으로, 개발된 전파 잡음 DB 구축 프로그램의 다른 구성요소이다.

III. 파라미터 추출 알고리즘

개발된 전파 잡음 DB 구축 프로그램은 매우 방대한 양인 잡음 데이터의 저장을 피하기 위하여 잡음의 APD로부터 파라미터를 추출하여 그 파라미터만을 저장하는 방법을 적용하였으며, 파라미터 추출 방법으로 유전자 알고리즘을 사용하였다^{[7]~[10]}.

그림 2는 파라미터 추출 과정에서 사용한 유전자 알고리즘의 순서도이다.

추출되는 파라미터는 모두 9개로써, 그 중 7개는 잡음의 APD 곡선을 계산하기 위한 가중치(weight value)이고, 나머지 2개는 계산된 APD 곡선을 측정, 처리된 APD 곡선과 정확하게 일치시키기 위한 x, y 축 보정치이다.

유전자 알고리즘을 사용한 파라미터 추출 과정은 다음과 같다. 먼저 9개 파라미터는 각각 0에서 100사이의 값을 가지며, 32비트의 이진수로 인코딩 한다. 이것은 0에서부터 100까지를 2^{32} 개로 일정하게 나누어, 각각의 파라미터가 이 중에서 어떠한 수라도 가질 수 있도록 하는 것이다. 그 다음 과정으로 32비트의 이진수 파라미터는 모두 합하여 총 288비트(9×32)의 염색체로 구성하게 된다. 그러므로 염색체가

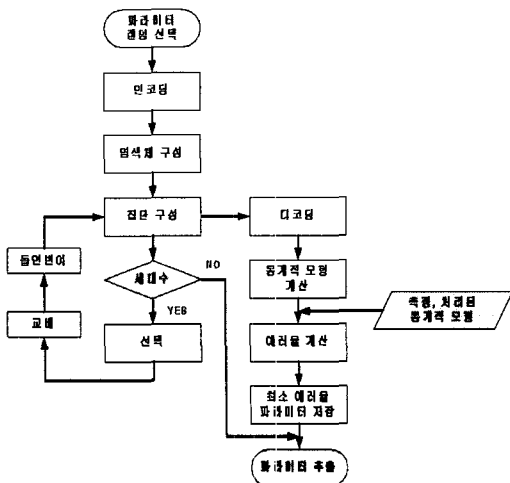


그림 2. 유전자 알고리즘을 이용한 파라미터 추출의 순서도

Fig. 2. The flow chart of parameter extraction using genetic algorithm.

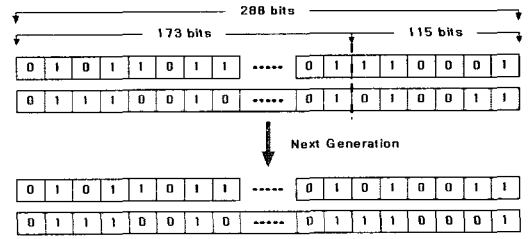


그림 3. 일점 교배법에 의한 다음 세대의 생성
Fig. 3. The creation of next generation using one-point crossover.

가질 수 있는 경우의 수는 모두 2^{288} 개가 되며 이 중에서 랜덤하게 120개를 선택하여 집단을 구성하게 된다.

다음 과정으로, 이렇게 구성된 120개의 염색체는 모두 적합도 계산하게 되는데, 여기서 적합도는 선택된 염색체에 해당하는 파라미터를 입력하여 계산된 APD 곡선과 측정 프로그램에 의해 측정, 처리된 APD 곡선의 일치 정도를 판별하여 에러율을 계산하는 것이다. 이런 방법으로 적합도를 계산하여 에러율이 낮은 상위 60개의 우수 염색체를 남기고 하위 60개의 열성 염색체는 버리게 된다.

그리고 상위 60개의 우수 염색체는 그림 3과 같은 일점 교배(one-point crossover) 방법으로 다음 세대의 새로운 염색체 60개를 생성한다.

그 다음으로 교배 과정에서 새롭게 생성된 60개의 염색체는 총 17,280비트(288×60)의 이진수가 되는데, 여기서 173개의 이진수를 랜덤하게 선택하여, 그 이진수가 0이면 1로 1이면 0으로 바꾸는 돌연변이 과정을 거치게 된다. 돌연변이 과정은 유전자 알고리즘의 근본적 최적화의 가능성을 없애고 전역적 최적화를 시행하기 위해 반드시 필요한 과정으로, 돌연변이 비율이 크면 클수록 전역적 최적화의 가능성이 커지게 되는 장점이 있지만 반대로 계산 시간은 증가하는 단점을 가지고 있다. 그러므로 개발된 프로그램에서는 파라미터의 전역적 최적화와 추출 시간을 고려하여 1%로 설정하였다.

이렇게 돌연변이 과정까지 거친 60개의 새로운 염색체는 그 전 세대의 우수 염색체 60개와 합하여 다시 새로운 120개의 집단을 구성하여 적합도 계산, 선택, 교배, 돌연변이의 유전자 알고리즘 과정을 반복하게 된다. 이 때 반복하는 횟수, 즉 유전자 알고

리즘의 세대수는 잡음 측정 시뮬레이터에서 사용자가 설정할 수 있도록 하였으며, 보통 10,000번 이상 반복해야 에러율 5 % 미만의 최적화된 파라미터를 추출할 수 있다.

IV. 시뮬레이터 개발 환경 및 사양

전파 잡음 DB 구축 프로그램은 Microsoft Visual C++ 6.0으로 개발되었다. 프로그램에서 사용한 라이브러리는 크게 세 가지로, 스펙트럼 분석기와 컴퓨터 간의 통신을 위하여 National Instrument사의 GPIB 라이브러리를 사용하였고, 유전자 알고리즘은 Massachusetts Institute of Technology의 공개 GA 라이브러리를 사용하였으며, 그래픽 사용자 환경을 위하여 Microsoft사의 MFC(Microsoft Foundation Class) 라이브러리를 사용하였다.

그림 4는 개발된 전파 잡음 DB 구축 프로그램의 화면으로, 프로그램을 실행하고 스펙트럼 분석기와 통신 설정을 완료한 후의 모습이다. 컴퓨터 모니터 상에 스펙트럼 분석기에 나타난 스펙트럼이 그대로 표시되게 된다.

개발된 전파 잡음 DB 구축 프로그램은 Window 계열의 OS(Window 95, 98, 2000, XP)에서 모두 동작하며, 컴퓨터의 요구 사양은 RAM 128 Mbytes 이상, 하드 디스크는 20 Mbytes 이상이다. 컴퓨터 CPU 속도의 경우 특별한 제한은 없으나, CPU의 성능이 좋을수록 유전자 알고리즘의 반복 시행 속도가 빨라지게 된다.

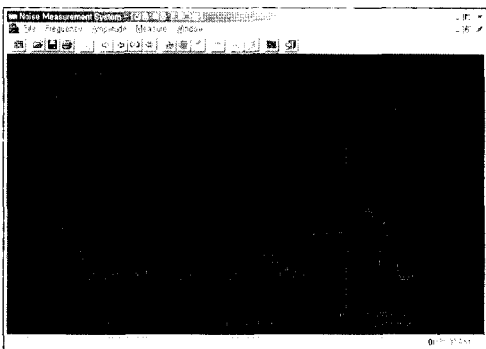


그림 4. 전파 잡음 DB 구축 프로그램의 화면
Fig. 4. The monitor screen of EM noise construction program.

V. 전파 잡음의 측정 및 파라미터 추출 결과

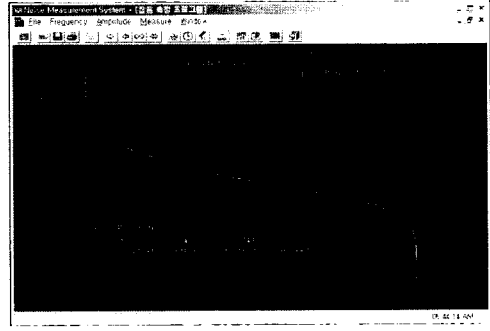
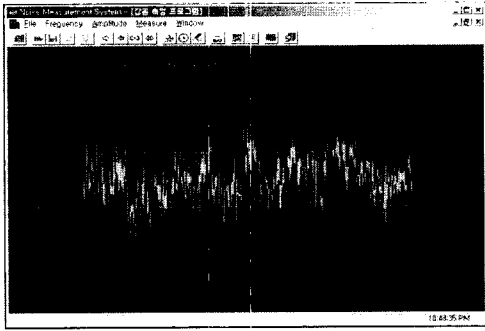
개발된 전파 잡음 DB 구축 프로그램으로 잡음을 측정하여 통계적 모형으로 처리하고 파라미터를 추출한 결과를 그림 5에 나타내었다. 잡음의 측정은 800 MHz 대 이동전화 신호를 전파 잡음으로 가정하고, 일반적인 잡음과 임펄스성 잡음으로 나누어 시행하였다. 일반적인 잡음은 기지국에서의 이동전화 신호를 잡음으로 측정하였고, 임펄스성 잡음은 측정하는 동안 순간적으로 이동전화를 사용하여 전파 잡음을 발생시켜서 측정하였다. 그림 5(a)는 일반적인 잡음의 경우이고 그림 5(b)는 임펄스성 잡음의 경우이다. 개발된 프로그램은 잡음의 파형과 통계적 모형 및 파라미터 추출 결과를 그림 5와 같이 각 과정이 완료된 후에 컴퓨터 모니터 상에 표시하게 된다. 그림 5의 통계적 모형 그림은 측정, 처리된 APD 곡선과 추출된 파라미터로 계산된 APD 곡선을 동시에 표시하게 되며, 두 곡선의 에러율 또한 표시한다.

표 1은 그림 5의 결과를 나타낸 것이다.

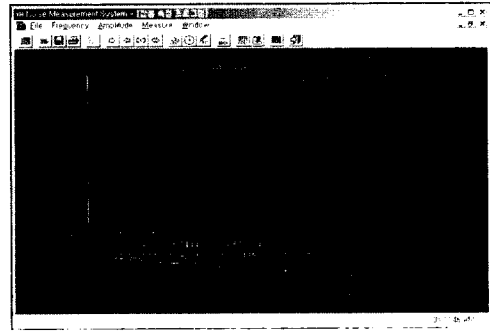
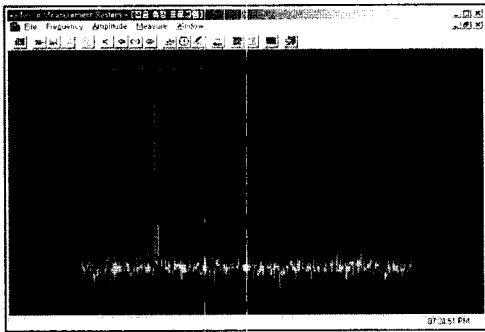
그림 5에서 측정, 처리된 APD 곡선과 추출된 파라미터로 계산된 APD 곡선은 거의 일치하는 것을

표 1. 파라미터 추출 결과 및 에러율
Table 1. The result of parameter extraction and error rate.

	일반적인 잡음	임펄스성 잡음
측정 주파수	885 MHz	885 MHz
반복 측정	100,000	1,200
GA 세대수	100,000	10,000
추출 파라미터	0.829321	0.569242
	12.543063	28.144423
	50.027412	19.875914
	45.047485	22.009577
	0.478461	0.482340
	24.474672	1.599418
	6.893887	3.055657
	-0.026666	0.604635
0.008376	-0.000016	
최대값	-40.49 dBm	-47.40 dBm
최소값	-51.59 dBm	-71.15 dBm
에러율	1.69 %	2.97 %



(a) 일반적인 잡음인 경우
(a) General noise case



(b) 임펄스성 잡음인 경우
(b) Impulsive noise case

그림 5. 측정된 잡음의 파형 및 파라미터 추출 결과
Fig. 5. The waveform of measured noise and the results of parameter extraction.

알 수 있으며, 0.1 %의 확률 간격으로 계산한 각각의 에러율은 1.69 %와 2.97 %이다. 이 결과로부터 개발된 전파 잡음 DB 구축 프로그램으로 추출된 파라미터의 유효성을 확인할 수 있다. 이 때, 파라미터 추출 시간은 유전자 알고리즘의 세대수를 10,000번으로 설정한 경우, 펜티엄 III-800 MHz 컴퓨터에서 약 30분 정도 소요되었다.

또한, 데이터의 양은 1,000,000번 반복 측정된 잡음 파형을 텍스트 파일로 저장하는 경우 약 12.6 MByte이고, 소수점 첫째자리까지 저장된 잡음의 통계적 모형의 파일은 약 12.6 kByte이며, 추출된 파라미터만을 저장하는 경우에는 약 712 Byte였다. 그러므로 추출 파라미터 데이터는 전파 잡음의 파형 데이터에 비해서 약 0.0057 %의 크기를 갖고, 통계적 모형보다는 약 5.7 %의 크기를 갖는다.

VI. 결 론

측정 주파수 대역, 시간, 지역, 환경 등에 따라 달라지는 전파 잡음을 측정하고 이를 데이터베이스화하기 위한 전파 잡음 DB 구축 프로그램을 개발하였다.

개발된 프로그램은 측정된 전파 잡음의 통계적 모형과 파라미터로 복원된 통계적 모형을 동일하게 하기 위한 최적 파라미터 추출 방법으로 유전자 알고리즘을 사용하였다. 제안된 파라미터 추출 방법은 기존의 시행 착오법에 비해 추출 시간을 단축하였고, 컴퓨터에 의한 추출 과정의 자동화를 실현하였으며 각 파라미터별로 국부적 최적화의 가능성을 배제하고 전역적 최적화가 가능하도록 하였다.

개발된 프로그램을 이용하여 일반적인 잡음과 임펄스성 잡음을 측정하고 파라미터를 추출해 본 결과, 측정된 잡음의 통계적 모형과 추출된 파라미터로 계산된 통계적 모형은 에러율이 약 1~2 %로 거의 일치함을 알 수 있다. 또한, 저장 데이터의 양을 획기적으로 줄일 수 있으므로 DB 구축의 효율성을

향상시킬 수 있다.

향후, 다양한 실외 전파 환경 하에서의 잡음이 통신에 미치는 영향을 실내의 실험실에서 간편하게 실험하기 위해서는 개발된 전파 잡음 DB 구축 프로그램을 이용하여 추출된 전파 잡음의 파라미터를 입력으로 잡음의 파형을 복원하는 전파 잡음 재생 프로그램의 개발이 요구된다.

참 고 문 헌

- [1] Neil J. Boucher, *The Cellular Radio Handbook*, John Wiley & Sons. Inc., 4th edition, 2001.
- [2] Antonio Meloni, Paolo Palangio and A. C. Fraser Smith, "Some characteristics of the ELF/VLF radio noise measured near L'Aquila, Italy", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 40, no. 2, pp. 233-236, Feb. 1992.
- [3] Pierre Hanna, Myriam Desainte Catherine, "Time scale modification of noises using a spectral and statistical model", *Acoustic, Speech, and Signal Processing Int. Conf.*, vol. 6, pp. 181-184, 2003.
- [4] Guoying Chen, Peikang Huang and Hongcheng Yin, "A statistical model of radar target glint based on discrete differenced gaussian noise", *IEEE Trans. Antennas Propagat., Soc. Int. Sym.*, vol. 2, pp. 1418-1421, Jul. 1996.
- [5] David Middleton, "Statistical-physical models of electromagnetic interference", *IEEE Trans. Electromagn. Compat.*, vol. 19, no. 3, pp. 106-127, Aug. 1977.
- [6] David Middleton, "Non-gaussian noise models in signal processing for telecommunications: new methods and results for class A and class B noise models", *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol. 45, no. 4, pp. 1129-1150, May 1999.
- [7] Randy Haupt, "Comparison between genetic and gradient-based optimization algorithms for solving electromagnetics problems", *IEEE Trans. Magnetics*, vol. 31, no. 3, pp. 1932-1935, May 1995.
- [8] J. Michael Johnson, Yahya Rahmat Samii, "Genetic algorithms in electromagnetics", *IEEE Trans. Antennas Propagat., Soc. Int. Sym.*, vol. 2, pp. 21-26, Jul. 1996.
- [9] G. A. Rovithankis, M. Maniadakis and M. Zervakis, "A hybrid neural network/genetic algorithm approach to optimizing feature extraction for signal classification", *IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics Part B: Cybernetics*, pp. 1-8, 2003.
- [10] Zhenyan Li, Huachun Dong and Taifan Quan, "Apply genetic algorithm to parameter estimation in chaotic noise", *IEEE Trans. Signal Processing, Int. Conf.*, vol. 4, pp. 1399-1402, Aug. 2002.
- [11] Chen Xudong, Qian Jingen, Ni Guangzheng, Yang Shiyong and Zhang Mingliu, "An improved genetic algorithm for global optimization of electromagnetic problems", *IEEE Trans. Magnetics*, vol. 37, pp. 3579-3583, Sep. 2001.

육재림



1987년 8월: 연세대학교 산업대학원 (공학석사)

2000년 12월: 국방대학교 안전보장대학원 정책과정 수료

1972년 3월~1993년 8월: 전파연구소 전파과 (감시기술 담당, 전파계장)

1993년 9월~1995년 8월: 체신부 전파관리국 방송과 (방송기술 담당)

1995년 9월~1999년 4월: 정보통신부 전파방송관리국 통신위성과 (위성망 담당)

1999년 5월~1999년 12월: 정보통신부 전파방송관리국 주파수과 (우주 담당)

2000년 1월~2001년 3월: 국방대학교 안전보장대학원 (안보정책과정)

2001년 4월~현재: 전파연구소 전파환경연구과장
[주 관심분야] EMI/EMC, 이동통신, 전파환경

허문만



1997년 2월: 동국대학교 전자공학과 (공학사)

2002년 2월: 동국대학교 전자공학과 (공학석사)

2004년 2월: 동국대학교 전자공학과 박사과정 수료

[주 관심분야] 안테나, 전자파 수치해석, 이동통신

윤현보

1979년 3월~현재: 동국대학교 전자공학과 교수

[주 관심분야] EMI/EMC, 안테나 설계 및 해석, 이동통신