

전력선 통신 시스템을 위한 머신러닝 기반의 원신호 예측 기법

선영규*, 심이삭*, 홍승관*, 김진영*

Machine Learning-Based Signal Prediction Method for Power Line Communication Systems

Young Ghyu Sun*, Issac Sim*, Seung Gwan Hong*, and Jin Young Kim*

요 약

본 논문에서는 머신러닝 알고리즘 중 하나인 다층 퍼셉트론을 기반으로 전력선통신 시스템에서의 수신 신호를 이용하여 송신단에서 전송한 원신호를 예측하는 시스템 모델을 제안한다. 전력망을 활용한 통신 방식을 사용하는 전력선통신 시스템은 일반적인 통신설비를 활용하는 통신 방식에 비해 잡음이 많다. 이 때문에 전력선통신 시스템의 성능이 저하가 되는 문제가 발생한다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서 제안하는 통신 시스템 모델을 이용하면 원신호 예측을 통해 잡음의 영향이 최소화되어 전력선통신 시스템의 성능 저하를 완화시킨다. 본 논문에서는 제안한 통신 시스템 모델을 백색 잡음 환경에 적용하여 시뮬레이션을 해봄으로써 원신호가 예측되는지를 입증한다.

Key Words : Machine learning, artificial neural network, power line communication system, additive white Gaussian noise channel, multi-layer perceptron

ABSTRACT

In this paper, we propose a system model that predicts the original signal transmitted from the transmitter using the received signal in the power line communication system based on the multi-layer perceptron which is one of the machine learning algorithms. Power line communication system using power network has more noise than communication system using general communication line. It causes a problem that the performance of the power line communication system is degraded. In order to solve this problem, the communication system model proposed in this paper minimizes the influence of noise through original signal prediction and mitigates the performance degradation of the power line communication system. In this paper, we prove that the original signal is predicted by applying the proposed communication system model to the white noise environment.

I. 서 론

초연결, 초지능, 초연결 페러다임을 가지는 4차 산업혁명이 도래하면서 이와 관련된 이전에 연구되었던 과학기술들과 이전부터 연구가 진행 중인 과학기술들이 주목받고 새로운 과학기술들이 등장하고 있다. 그 중심에 인공지능 기술이 있다. 인공지능 기술에는 다양한 기술들이 존재하며 이전에 연구가 되었고 새로 연구가 되고 있는 기술들이 많으며 그 중 최근 알파고의 등장으로 인해 딥러닝 기술이 가장 주목받고 있고 활발히 연구가 진행되고 있다. 딥러닝은 최근 새로 개발된 기술이 아니라 이전부터 연구가 되고 있던 기술이며

이전에는 사이버네틱스, 커넥티즘으로 불리다가 최근 들어 딥러닝으로 부르게 되었다. 딥러닝 기술을 이용하여 IT 회사들이 자동차 시장에 뛰어들어 자율주행 자동차를 구현해보려고 하고 있고 금융서비스 산업에서는 포트폴리오 자문, 운용 서비스를 제공하는 로봇이 개발되고 있다. 뿐만 아니라 의료 산업에서는 방대한 양의 의학적 정보를 가지고 학습하여 환자의 증상에 맞는 치료법을 찾아내는 인공지능이 개발되기도 했다. 이외에도 딥러닝 기술은 다양한 분야와 산업에 적용되어 연구가 진행되고 새로운 제품과 서비스가 개발되고 있다. 이러한 추세에 맞추어 본 논문에서는 딥러닝 기술을 통신분야에 적용하여 연구를 진행해 보았다.

* 본 연구는 한국연구재단 이공학 개인기초연구지원사업(NRF-2016R1D1A1B03933872)의 일환으로 수행되었음.

*광운대학교 유비쿼터스 통신 연구실 (yakra@naver.com, dltr34@kw.ac.kr, mygwan112@kw.ac.kr, jinyoung@kw.ac.kr).

접수일자 : 2017년 9월 12일, 수정완료일자 : 2017년 9월 21일, 최종게재확정일자 : 2017년 9월 22일

본 논문에서는 다층 퍼셉트론이라는 딥러닝 기법을 전력선 통신 시스템에 적용하여 수신단에서 수신된 신호를 이용하여 송신단에서 전송한 원신호를 예측하는 시스템 모델을 제안한다. 전력선 통신 시스템에서는 전력망을 활용하는 통신 방식을 사용하기 때문에 일반적인 통신설비를 활용하는 통신 방식에 비해 잡음이 많고 취약하다. 이러한 특징으로 인해 전력선 통신 시스템의 성능은 일반적인 통신 시스템에 비해 낮은 편이다. 이 문제를 해결하기 위해서는 잡음의 영향을 최소화하는 것으로 본 논문에서는 이 문제에 초점을 두고 연구를 진행하였다. 본 논문에서 제안한 시스템 모델을 전력선 통신 시스템에서 흔히 발생할 수 있는 백색 잡음 환경에서의 시뮬레이션을 해봄으로써 송신단에서 송신한 원신호가 예측이 되는지를 검증해보았다. 다만 시뮬레이션 과정에서 사용한 다층 퍼셉트론의 모델이 딥러닝보다는 머신러닝 기법에 가깝다고 할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 다층 퍼셉트론에 대해 설명하고, III장에서는 제안하는 통신 시스템 모델에 대해 설명하고, IV, V장에서는 제안한 통신 시스템 모델에 대한 시뮬레이션 과정과 결과에 대해 설명한다. 마지막으로 VI장에서는 결론을 제시하며 이 논문을 마무리 짓는다.

II. 다층 퍼셉트론

다층 퍼셉트론을 설명하기에 앞서 인공신경망에 대해 설명하겠다. 인공신경망은 사람의 뇌에서 뉴런의 동작 모습을 모델링한 것이다. 그 결과 입력층과 출력층 사이의 하나 이상의 은닉 층이 존재하게 되었고 기존의 선형적인 모델로는 해결되지 않는 복잡한 문제들을 해결할 수 있게 되었다. 이처럼 사람의 뇌가 동작하는 모습이 다양한 모델로 만들어 지게 되었고 그중 가장 기본이 될 수 있는 것 다층 퍼셉트론이다. 그림. 1은 다층 퍼셉트론의 하나의 예로 3개의 입력을 가지는 입력층과 2개의 출력층을 가지는 출력층 사이에 하나의 은닉층을 가진다. 다층 퍼셉트론은 은닉층의 개수가 하나 이상이고 이 은닉층을 구성하고 있는 것을 뉴런이라고 부른다. 그림. 1에서는 4개의 뉴런이 하나의 은닉층을 구성하고 있다. 은닉층의 뉴런이 많을수록 복잡한 문제를 해결할 수 있게 되고 같은 문제에 대해서는 더욱 정확한 결과를 도출해 낼 수 있게 된다. 또한, 입력층과 출력층 사이의 존재하는 은닉층의 개수가 많을수록 복잡한 문제에서 올바른 출력을 도출해 낼 수 있다. 그림2는 입력층과 출력층 사이에 여러 개의 은닉층으로 구성된 다층 퍼셉트론 모습의 하나의 예이다.

뉴런의 구조는 생물학적 관점에서의 뉴런의 특징들을 모델링 한 것이다. 생물학적 관점에서의 뉴런은 인간의 두뇌를 구성하고 있는 신경세포이며 뉴런과 뉴런 사이는 시냅스로 연결되어 있어서 전기적인 신호가 뉴런을 통해 전달된다. 인공신경망에서의 뉴런은 생물학적 관점에서의 뉴런의 여러

특징 중 크게 2가지를 모델링하였다. 먼저 하나의 특징으로 뉴런은 신경전달물질을 한쪽으로부터 전달하여 시냅스를 통해 전기적 신호를 전달한다. 또한 시냅스마다 연결 강도를 가져 연결 강도에 따라 전기적 신호를 전달받을 뉴런이 받는 전기적 신호가 다를 수 있다. 또 다른 특징으로는 뉴런이 역치를 가진다는 것이다. 기준이 되는 자극의 세기를 넘는 자극이 들어올 때 동작하는 것을 역치라고 하며 뉴런이 전기적 신호를 받아들일 때 기준이 되는 전기적 신호의 세기를 넘는 전기적 신호여야지 뉴런이 활성화되어 신경전달물질을 분비하여 전기적 신호를 시냅스를 통해 전달한다는 것이다. 이러한 특징들을 모델링하여 수식적으로 다음과 같이 표현한다.

$$a = \sum_{i=1}^n w_{ij} x_j + b, \tag{1}$$

$$y = f(a). \tag{2}$$

x 는 전달받는 전기적 신호이고, y 는 전달하는 전기적 신호이다. w 는 가중치라고 하며 시냅스의 연결 강도를 나타내고, $f(a)$ 는 활성화 함수이며 역치의 특징을 나타낸다.

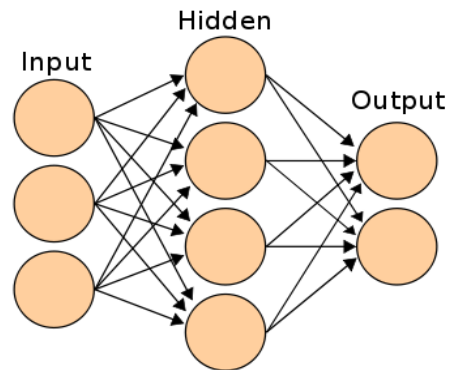


그림 1. 다층 퍼셉트론의 예.

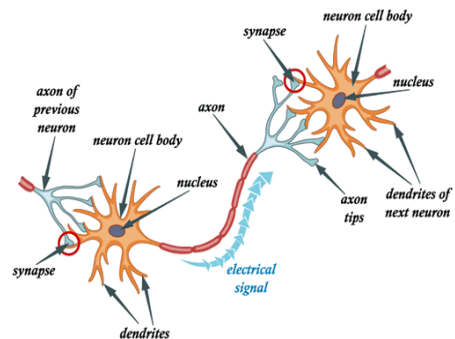


그림 2. 생물학적 뉴런의 모습.

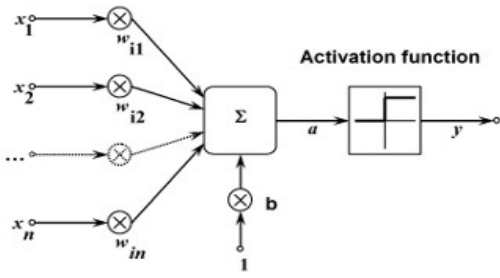


그림 3. 뉴런의 구조.

앞서 소개한 바와 같이 다층 퍼셉트론은 딥러닝의 한 기법으로 학습 과정이 필요하다. 다층 퍼셉트론에서의 학습이란 뉴런의 구조에서 연결 역할을 하는 가중치의 적절한 값을 찾는 것이다. 적절한 가중치의 값이란 정확한 출력을 도출하기 위해 가지는 가중치의 값을 말하고 반복적인 과정을 통해 찾아낸다. 적절한 가중치의 값을 찾는 방법은 여러 가지가 존재하며 본 논문에서는 경사하강법[4]이라는 최적화 알고리즘을 이용하였다. 경사하강법은 인공신경망에서 가중치의 값을 찾는 알고리즘으로 자주 사용된다.

뉴런의 구조를 모델링할 때 이용되는 활성화 함수는 여러 가지가 존재하지만 본 논문에서는 로지스틱 시그모이드 함수[5]를 사용하여 뉴런의 구조를 모델링하였다. 식으로는 다음과 같이 표현된다.

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (3)$$

III. 시스템모델

본 논문에서 제안하는 시스템 모델은 그림. 4와 같다. 기존의 일반적인 전력선 통신 시스템은 송신단에서 신호를 송신하여 통신선로 즉 채널을 거쳐 수신단에서 신호를 수신하여 처리하는 형태이다. 통신 신호가 채널을 통과하게 되면서 통신 신호에 잡음이 추가되어 수신하면 신호를 처리할 때 에러가 발생할 확률이 증가한다. 그러나 본 논문에서는 기존의 시스템 모델에서 수신단 다음 단계로 다층 퍼셉트론을 이용하여 송신한 원신호를 예측하는 단계를 추가함으로써 잡음의 영향을 최소화하고 이후의 신호처리 단계에서 에러 발생률을 줄인다.

IV. 시뮬레이션 과정

시뮬레이션은 통신채널에서 발생하는 잡음이 백색 잡음만 존재한다고 가정하고 이외의 모든 단계는 이상적인 환경이라는 가정하에 진행했다. 송신하는 신호는 주파수가 60Hz

이고 크기가 5V인 사인파라고 가정한다. 실제 전력선 통신에서 송신하는 신호는 주파수가 수십kHz에서 수십MHz까지이고 반송주파수가 60Hz이다. 시뮬레이션 과정은 다음과 같다. 우선 다층 퍼셉트론을 훈련시키기 위해 송신하는 원신호와 AWGN(Additive White Gaussian Noise) 채널 모델을 이용하여 예상되는 원신호에 백색 잡음이 섞인 신호의 데이터 세트를 만든다. 이 데이터 세트를 이용하여 다층 퍼셉트론을 훈련시킨다. 그 다음 백색 잡음이 섞인 신호를 다층 퍼셉트론의 입력으로 넣어 출력되는 값을 관찰한다. 이전과 같은 입력과 환경에서 다층 퍼셉트론의 뉴런의 수와 은닉층의 수를 각각 변경해서 새로운 조건의 다층 퍼셉트론을 훈련시켜 출력되는 값을 관찰하는 과정을 반복적으로 실행한다.

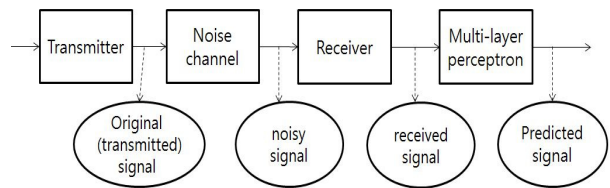


그림 4. 제안하는 시스템 모델.

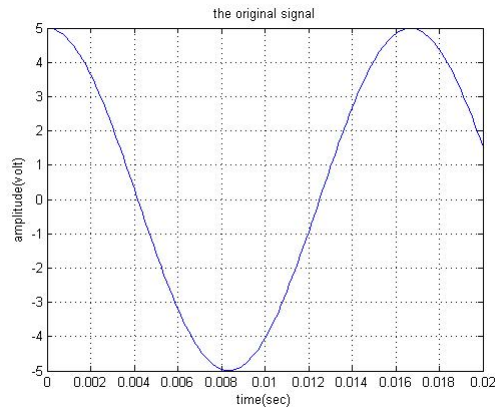


그림 5. 송신단에서 수신한 원신호.

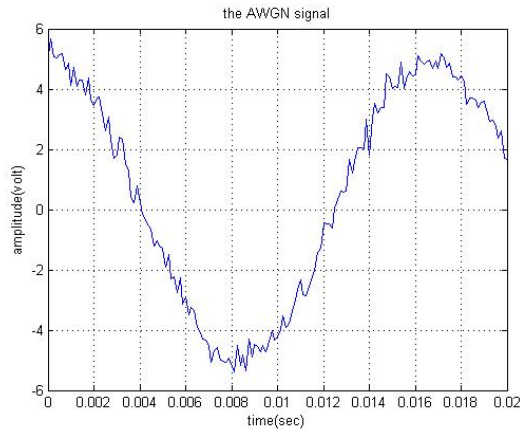


그림 6. 백색잡음이 추가된 신호의 예.

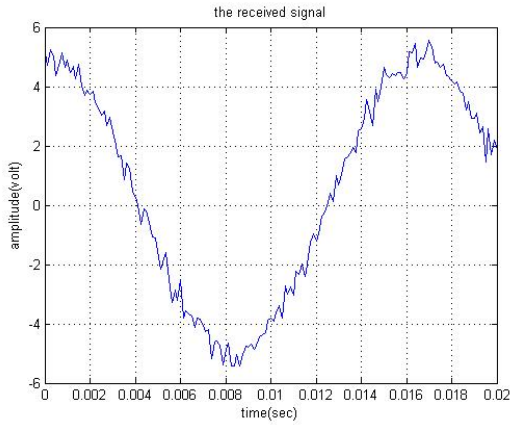


그림 7. 수신단에서 수신한 신호.

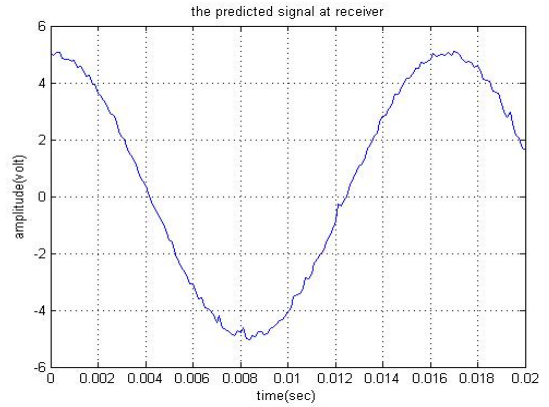


그림 11. 예측된 원신호(은닉층 1개, 뉴런 200개).

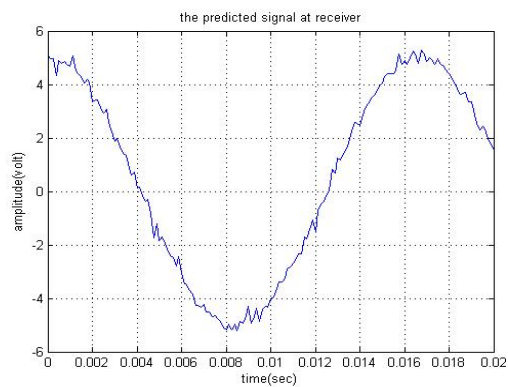


그림 8. 예측된 원신호(은닉층 1개, 뉴런 50개).

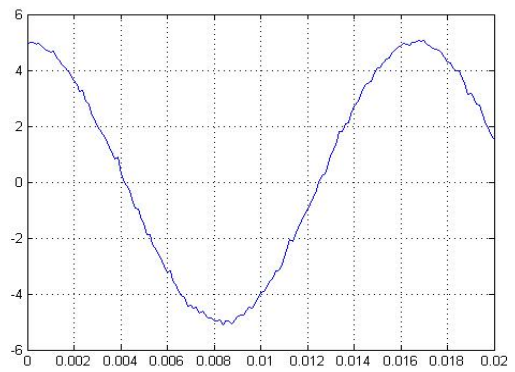


그림 12. 예측된 원신호(은닉층 1개, 뉴런 250개).

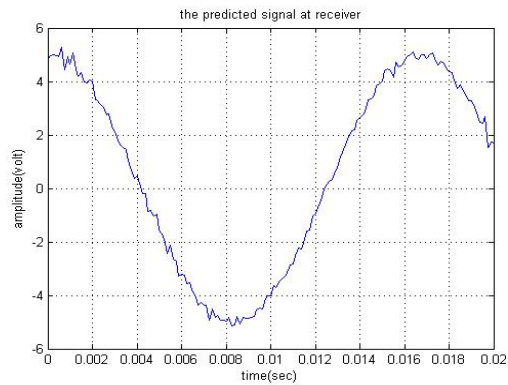


그림 9. 예측된 원신호(은닉층 1개, 뉴런 100개).

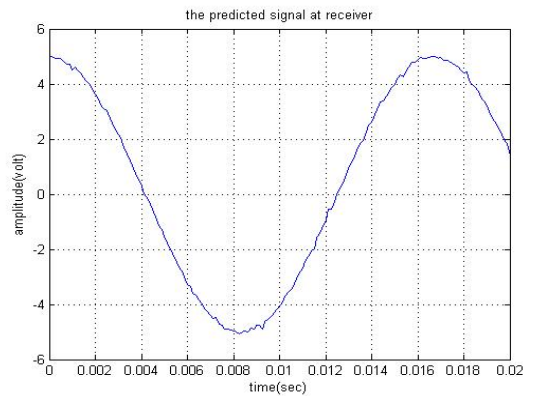


그림 13. 예측된 원신호(은닉층 1개, 뉴런 300개).

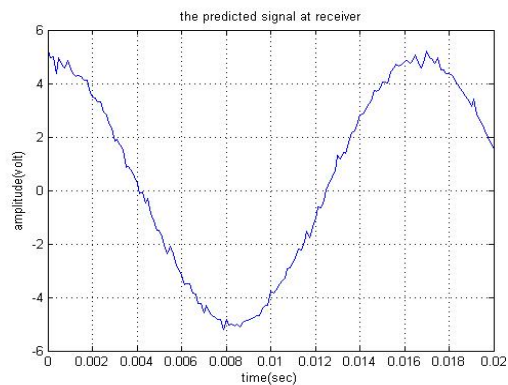


그림 10. 예측된 원신호(은닉층 1개, 뉴런 150개).

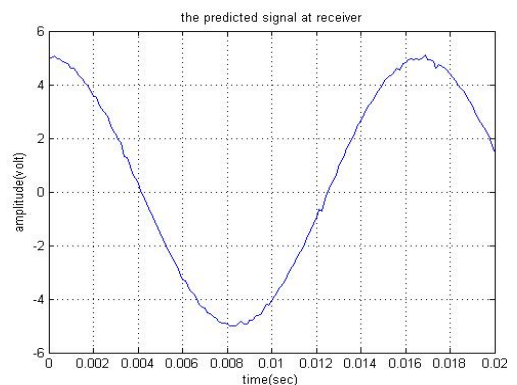


그림 14. 예측된 원신호(은닉층 2개, 뉴런 50개).

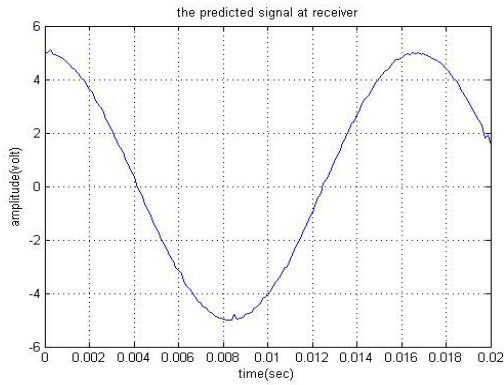


그림 15. 예측된 원신호(은닉층 2개, 뉴런 100개).

V. 시뮬레이션 결과

시뮬레이션 결과를 살펴보면 확인할 수 있듯이 은닉층의 수가 고정된 조건에서 뉴런의 수가 증가하면 할수록 원신호의 예측이 정확해진다. 또한, 뉴런의 수를 고정시키고 은닉층의 수를 증가해도 원신호의 예측이 정확해지는 것을 알 수 있다. 다만, 원신호를 예측하는 문제가 충분히 복잡하지가 않아 은닉층을 하나만 증가시켜도 원신호의 예측이 정확히 되어서 3개 이상의 은닉층을 가지는 모델로는 시뮬레이션을 진행하지 않았다.

VI. 결론

본 논문에서는 다층 퍼셉트론을 기반으로 전력선통신 시스템에서의 수신 신호를 이용하여 송신단에서 전송한 원신호를 예측하는 시스템 모델을 제안했고 이 시스템 모델을 백색 잡음환경에서 시뮬레이션을 하여 예측이 잘되는지를 확인하였다. 시뮬레이션 결과에 나타나듯이 본 논문에서 제안하는 시스템 모델로 원신호를 잘 예측하였다. 또한, 다층 퍼셉트론에 여러 조건의 모델을 이용하여 시뮬레이션을 통해 결과를 관찰함으로써 가장 성능이 좋게 나오는 다층 퍼셉트론의 모델을 파악할 수 있었다. 다만, 정확한 예측을 하기 위해 시뮬레이션 단계에서 데이터 세트가 충분히 많은 상태로 다층 퍼셉트론을 훈련시킬 때 많은 반복적인 작업이 필요하여 시간이 많이 걸렸다. 일반적인 인공지능 알고리즘의 훈련 시간이 긴 것으로 알려져 있고 이 문제를 해결하는 것은 하드웨어의 발전이라고 생각이 된다. 하지만 훈련과정에서 가중치를 찾는 최적화 알고리즘의 새로운 모델을 제시함으로써 시간도 많이 소비되는 문제를 해결할 수 있을 것이라고 생각되고 앞으로 해결해야 될 문제이다.

참고 문헌

- [1] Kapil Nahar, "Artificial neural network," An international journal of advanced computer technology(IJACT), vol. 1, no. 2, pp. 25-27, Dec, 2012.
- [2] Ehsan Amirian, and ZhangXing John Chen, "Cognitive data-driven proxy modeling for performance forecasting of water-flooding process," Global Journal of Technology & Optimization, vol. 8, no. 2, pp. 1-8, Mar, 2017.
- [3] medium website; Available at <https://medium.com/autonomous-agents/mathematical-foundation-for-activation-functions-in-artificial-neural-networks-a51c9dd7c089>.
- [4] Parveen Sehgal, Sangeeta Gupta and Dharminder Kumar, "Minimization of error in training a neural network using gradient descent method," International Journal of Technical Research(IJTR), vol. 1, no. 1, pp. 10-12, Mar-Apr, 2012.
- [5] Sibi, Allwyn Jones, Siddarth, "Analysis of different a activation function using back propagation neural networks," Journal of Theoretical and Applied Information Technology(JATIT), vol. 47, no. 3, pp. 1264-1268, Jan, 2013.
- [6] Yinyin Liu, Janusz A. Starzyk, and Zhen Zhu, "Optimized approximation algorithm in neural networks without overfitting," IEEE Transactions on Neural Networks, vol. 19, no. 6, pp. 983-995, Jun, 2008.

저자

선 영 규(Young Ghyu Sun)

학생회원



· 2012년 3월 : 광운대학교 전자융합공학 학사

<관심분야> : 인공지능, 무선 에너지하베스팅, 디지털통신, 전력선 통신

심 이 삭(Issac Sim)

학생회원



· 2016년 2월 : 광운대학교 전자융합공학과 졸업
· 2016년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 전과 공학과 석박통합과정

<관심분야> : 전력선 통신, 무선 에너지 하베스팅, Backscatter, 인공지능

홍 승 관(Seung Gwan Hong)

학생회원



- 2016년 2월 : 광운대학교 전자융합공학 학사 졸업
- 2016년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 전과 공학과 석박통합과정

<관심분야> : 백스케터 통신, 무선에너지하비스팅, 인공지능, 5G 이동통신

김 진 영(Jin Young Kim)

종신회원



- 1998년 2월 : 서울대학교 전자 공학과 공학박사
- 2001년 2월 : SK텔레콤 네트워크 연구소 책임연구원
- 2001년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 전자 융합공학과 교수

<관심분야> : 디지털통신, 가시광통신, UWB, 부호화, 인지 무선통신, 5G 이동통신, 무선 에너지 하비스팅, 인공지능