

# 사랑의 수학적 모델링과 거동 해석

김순환\* · 손영우\*\* · 배영철\*\*\*

## Mathematical Modelling of Love and its Nonlinear Analysis

Soon-Whan Kim\* · Young-Woo Shon\*\* · Young-Chul Bae\*\*\*

### 요 약

사람의 감정 중의 하나인 사랑은 사회학과 심리학에서 주된 관심사로 연구되어 왔다. 본 논문에서는 로미오와 줄리엣의 사랑 방정식[1]에서 이들의 거동을 시계열과 위상 공간으로 나타내고, 이들 사이에 외부적인 자극인 3자가 개입했을 때의 관계를 시계열과 위상 공간으로 나타내어 이들 사이의 거동 관계를 분석한다.

### ABSTRACT

Love which is one of the emotional of mankind, has been studied in sociology and psychology as a matter of grate concern. In this paper We represent romantic behaviors in the love equation of Romeo and Juliet as time series and phase portraits. Also we analyze the behavior's relation by using time series and phase portraits when external force applied as the third person between Romeo and Juliet

### 키워드

Love Model, Mathematical Model, Chaos, Random Variable, Time Series, Phase Portrait, Behavior Analysis, Romeo and Juliet  
사랑 모델, 수학적 모델, 카오스, 랜덤 변수, 시계열, 위상 공간, 거동 해석, 로미오와 줄리엣

## 1. 서 론

일반적으로 사람은 감정을 가지고 있는 감정의 동물이라고 말한다. 사람에게 감정이 있다는 말은 즐거움, 노여움, 사랑함, 노는 것 등으로 표현할 수 있는 것이 포함된다. 이중에서도 사랑이란 다른 동물은 가질 수 없는 인간만이 가지고 있는 독특한 감정요소의 하나이다. 사랑은 좋아하고 아끼는 마음으로 표현하지만 사랑의 정의는 명확하지 않다. 많은 학자들은 사랑을 생물학적 측면, 뇌과학적 측면, 생화학적 측면 등 다양한 입

장에서 정의를 내리고 있다. 생물학적 측면에서 배고픔 또는 목마름과 같은 동물적인 욕구의 하나로 본다. 생화학적인 측면과 뇌과학적 측면에서는 중뇌에서 복측 피개영역과 배쪽창백, 솔개핵 등에서의 뇌의 동작에서 사랑을 규명하려고 한다. 그러나 어느 것 하나도 완벽하게 사랑이란 무엇인지에 대한 분명한 정의를 내린 철학자나 인문학자는 없다. 대부분 사랑의 정의를 내리긴 하지만 완벽하게 정의했다고 할 수 없는 상황이다.

따라서 사랑도 감정의 한 영역이라고 볼 때 감정에 대한 수학적 표현에 대한 연구는 중독 모델[1-2], 행복

\* 제주대학교 통신훈학과(soonskim@jejunu.ac.kr)

\*\* 김포대학교 IT학부 멀티미디어학과(ywson@kimpo.ac.kr)

\*\*\* 교신저자 : 전남대학교 전기·전자통신·컴퓨터 공학부(ycbae@jnu.ac.kr)

접수일자 : 2014. 10. 20

심사(수정)일자 : 2014. 11. 03

게재 확정일자 : 2014. 11. 10

모델[3-5], 사랑 모델[5-6] 등이 연구되었다. 이들 연구들은 모두 시간 변화량에 대한 지각 등의 변화량을 중심으로 증독과 행복에 대한 정의를 한 후 이 정의로부터 2차원의 미분 방정식을 유도하여 이들 거동으로부터 비선형적인 특성이 있음을 보였다.

사람의 감정 이외에 시스템에서 비선형적인 거동에 대한 연구[7-13]는 많이 진행해왔었으나 이는 사람이 아닌 시스템에 대한 것으로 사람의 감정과는 다른 영역이다, 사람의 감정의 영역의 하나인 사랑에 대한 연구를 많은 학자들이 진행해 왔다 [5-6]. 특히 수학자들은 수학적 관점에서 사랑에 대한 정의를 해결하고자 하는 노력을 지속[5-6]하였으며 그 대표적으로 로미오와 줄리엣의 사랑을 들 수 있다[6]. 이들 로미오와 줄리엣의 사랑에서는 수학적인 모델을 제시하였으나 명확하게 이들 사이의 거동 관계를 제시하지 못한 문제점을 가지고 있다.

본 논문에서는 로미오와 줄리엣의 사랑 방정식[6]에서 이들의 거동을 시계열과 위상 공간으로 나타내고, 이들 사이에 외부적인 자극인 3자가 개입했을 때의 관계를 시계열과 위상 공간으로 나타내어 이들 사이의 거동 관계를 분석한다.

## II. 사랑 모델

일반적으로 사랑 모델은 로미오와 줄리엣에 대한 사랑 방정식으로 식(1), 식(2)과 같이 표현한다[6].

$$\frac{dR}{dt} = aR + bJ \quad (1)$$

$$\frac{dJ}{dt} = cR + dJ \quad (2)$$

여기서  $a$ 와  $b$ 는 로미오의 사랑 형태이고,  $c$ 와  $d$ 는 줄리엣의 사랑 형태를 나타낸다.

로미오와 줄리엣의 사랑 방정식은 2001년 Sprott[6]에 의해 제안한  $a$ 와  $b$ 의 부호에 의존하는 4개의 형태 중 하나를 나타낼 수 있다.

1.  $a > 0, b > 0$ 일 때

로미오는 자신의 감정뿐만 아니라 줄리엣의 감정도 격려하는 상태인 아주 열심인 상태이다.

2.  $a > 0, b < 0$ 일 때

로미오는 그가 느끼는 것 보다 줄리엣의 감정으로 부터 보상받기를 더 많이 원하는 상태인 자기도취적인 상태이다.

3.  $a < 0, b > 0$ 일 때

로미오는 그 자신의 느낌으로부터 숨기지만 줄리엣에 의해 격려 받는 신중한 사랑의 상태이다.

4.  $a < 0, b < 0$ 일 때

로미오는 그 자신의 느낌으로 뿐만 아니라 줄리엣의 느낌으로부터도 숨기는 운둔의 상태이다.

## III. 사랑 모델에서의 거동 해석

식(1)과 식(2)에서 파라미터를 정하고 이들 사이의 거동 해석을 알아본다.

### 3.1 $a = 0, d = 0$ 일 때

이 조건은 로미오와 줄리엣이 그들 자신에 감정과 사랑에 의해 영향을 받지 않고 오직 상대방의 감정과 사랑에 의해 영향을 받음을 의미한다. 2절에서 설명한 4가지 경우를 적용하였을 때 그림 1과 같은 시계열 데이터와 위상 공간을 얻는다.

- 1)  $b > 0, c > 0 (b = 1, c = 4)$ 인 경우인 경우

이 조건에서는 그림 1의 (a)와 (b)와 같은 시계열과 위상 공간을 얻는다. 그림 1의 (a)와 (b)의 시계열과 위상 공간을 통하여 본인의 의지와 사랑이 없는 경우 전적으로 상대방에 의해 의지되며 이러한 상태는 로미오와 줄리엣에게서 모두 동일한 사랑임을 알 수 있다.

- 2)  $b < 0, c < 0 (b = -2, c = -2)$ 인 경우

이 조건에서는 그림 1의 (c)와 (d)와 같은 시계열과 위상 공간을 얻는다. 그림 1의 (c)와 (d)의 시계열과 위상 공간을 통하여 둘의 사랑은 갈수록 멀어짐을

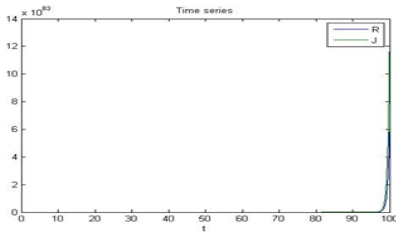
알 수 있다.

3)  $b > 0, c < 0 (b=1, c=-2)$  인 경우

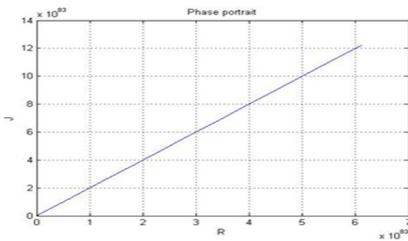
이 조건에서는 그림 1의 (e)와 (f)와 같은 시계열과 위상 공간을 얻는다. 그림 1의 (e)와 (f)의 시계열과 위상 공간을 통하여 둘의 사랑은 두 사람의 사랑의 크기에 따라 서로 보완적임을 알 수 있다.

4)  $b < 0, c > 0 (b=-2, c=2)$  인 경우

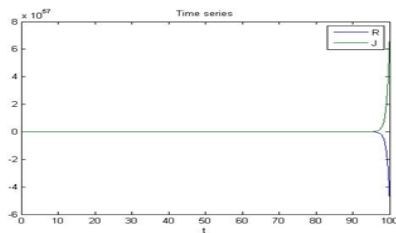
이 조건에서는 그림 1의 (g)와 (h)와 같은 시계열과 위상 공간을 얻는다. 그림 1의 (g)와 (h)의 시계열과 위상 공간을 통하여 둘의 사랑은 두 사람의 사랑의 크기에 따라 서로 보완적임을 알 수 있다.



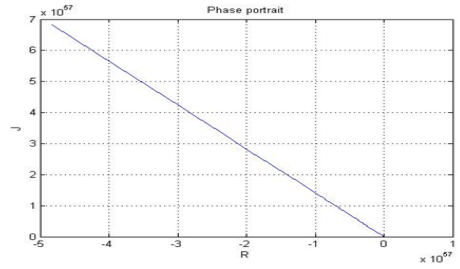
(a)  $b=1, c=4$  일 때 시계열 데이터  
(a) Time series when  $b=1, c=4$



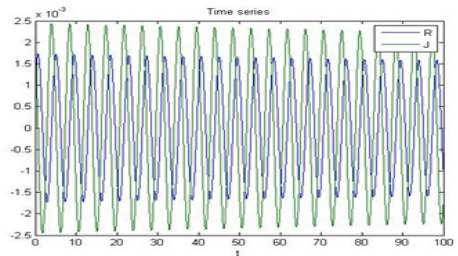
(b)  $b=1, c=4$  일 때 위상공간  
(b) Phase portrait when  $b=1, c=4$



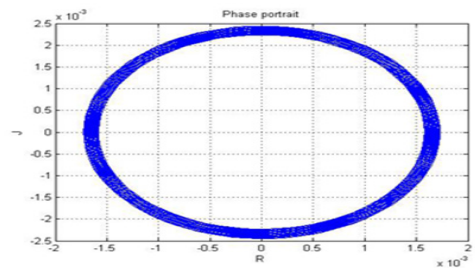
(c)  $b=-2, c=-2$  일 때 시계열 데이터  
(c) Time series when  $b=-2, c=-2$



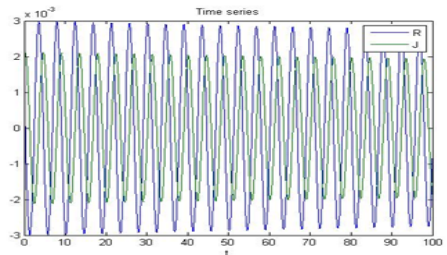
(d)  $b=-2, c=-2$  일 때 위상공간  
(d) Phase portrait when  $b=-2, c=-2$



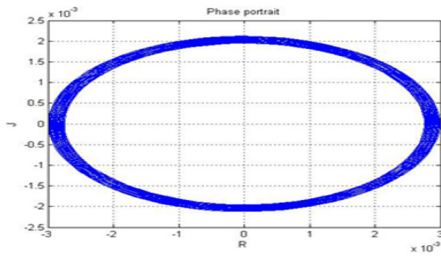
(e)  $b=1, c=-2$  일 때 시계열 데이터  
(e) Time series when  $b=1, c=-2$



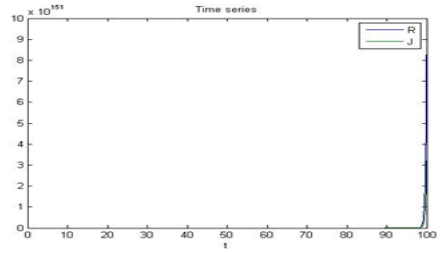
(f)  $b=1, c=-2$  일 때 위상공간  
(f) Phase portrait when  $b=1, c=-2$



(g)  $b=-2, c=2$  일 때 시계열 데이터  
(g) Time series when  $b=-2, c=2$



(h)  $b=-2, c=2$  일 때 위상공간  
(h) Phase portrait when  $b=-2, c=2$



(a)  $a>0, b>0$  일 때 시계열 데이터  
(a) Time series when  $a>0, b>0$

그림 1.  $a=0, d=0$ 일 때의 로미오와 줄리엣의 사랑에 대한 시계열과 위상공간

Fig. 1 Time series and phase portrait of romantic style of Romeo and Juliet when  $a=0, d=0$

**3.2  $c=1, d=1$  일 때**

이 조건은 식(1)과 식(2)에서 줄리엣의 마음을 고정해 놓고 로미오의 마음의 상태를 4가지 경우를 적용하면 그림 2와 같은 결과를 얻는다.

1)  $a>0, b>0$ 인 경우

이 경우는 로미오가 줄리엣을 열심히 사랑하는 상태를 나타낸다.

2)  $a>0, b<0$ 인 경우

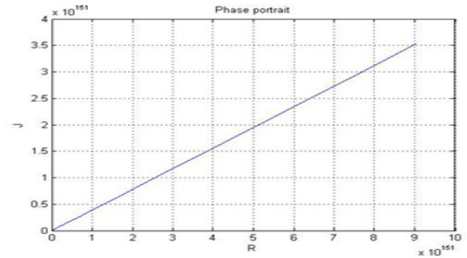
이 경우는 로미오가 스스로의 자기도취적인 상태에서 줄리엣과 다른 형태의 거동을 보여준다.

3)  $a<0, b>0$ 인 경우

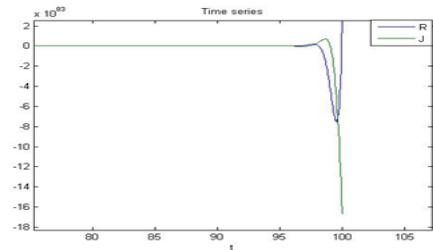
이 경우 로미오의 신중한 사랑의 상태를 나타낸다. 줄리엣은 로미오와 같은 거동을 보이다가 마지막에 더 사랑하는 거동을 보인다.

4)  $a<0, b<0$ 인 경우

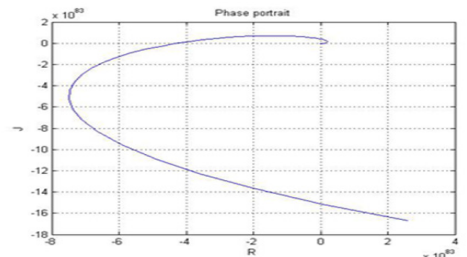
이 경우 로미오의 은둔 상태의 사랑을 나타낸다. 따라서 로미오의 거동과 줄리엣의 거동이 반대 방향으로 향한다.



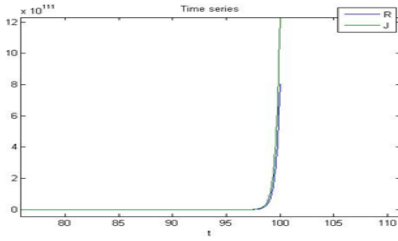
(b)  $a>0, b>0$  일 때 위상 공간  
(b) Phase portrait when  $a>0, b>0$



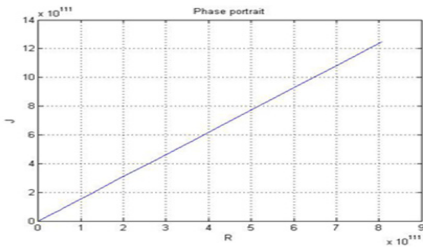
(c)  $a>0, b<0$  일 때 시계열 데이터  
(c) Time series when  $a>0, b<0$



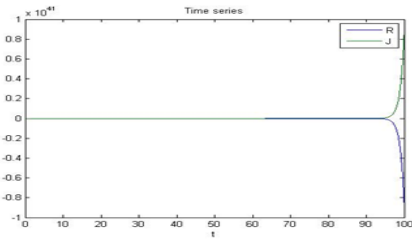
(d)  $a>0, b<0$  일 때 위상 공간  
(d) Phase portrait when  $a>0, b<0$



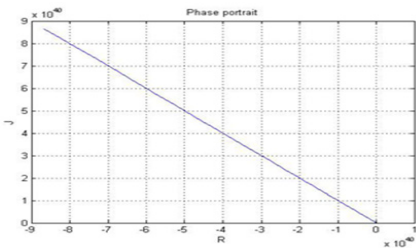
(e)  $a > 0, b < 0$  일 때 시계열 데이터  
(e) Time series when  $a > 0, b < 0$



(f)  $a > 0, b < 0$  일 때 위상 공간  
(f) Phase portrait when  $a > 0, b < 0$



(g)  $a < 0, b < 0$  일 때 시계열 데이터  
(g) Time series when  $a < 0, b < 0$

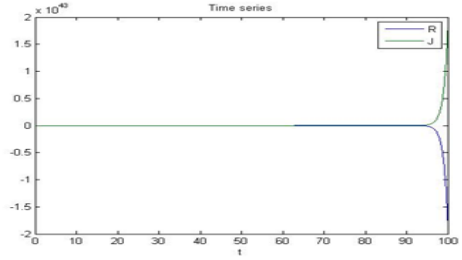


(h)  $a < 0, b < 0$  일 때 위상 공간  
(h) Phase portrait when  $a < 0, b < 0$

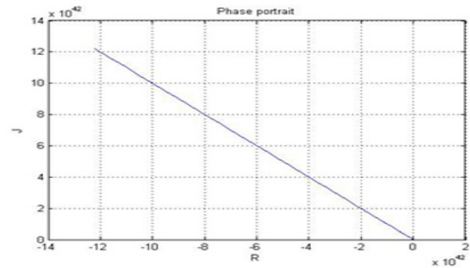
그림 2.  $a < 0, b < 0$  일 때의 외부 힘을 인가 한 경우 로미오와 줄리엣의 사랑에 대한 시계열과 위상공간  
Fig. 2 Time series and phase portrait of romantic style of Romeo and Juliet when  $a < 0, b < 0$

### 3.3 $a < 0, b < 0$ 에서 외부 자극이 주어질 때

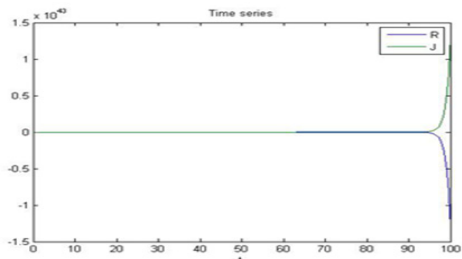
은둔 상태의 사랑인 경우 외부에서 다양한 형태의 외부 힘인 사인파, 삼각파를 인가해도 주어도 사랑의 거동은 변하지 않음을 그림 3을 통해서 알 수 있다.



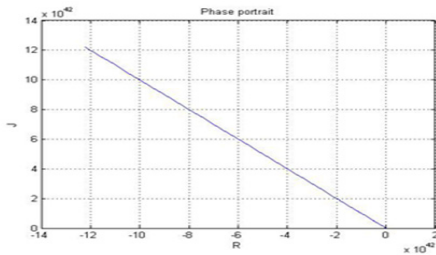
(a) 외부 힘  $5 \sin \omega t$  인가할 때의 시계열데이터  
(a) Time series when applying  $5 \sin \omega t$  as external force



(b) 외부 힘  $5 \sin \omega t$  인가할 때의 위상공간  
(b) Phase portrait when applying  $5 \sin \omega t$  as external force



(c) 외부 힘 삼각파를 인가할 때의 시계열데이터  
(c) Time series when applying chopping wave as external force



(d) 외부 힘 삼각파를 인가할 때의 위상공간

(d) Phase portrait when applying chopping wave as external force

그림 3.  $a < 0, b < 0$  일 때의 로미오와 줄리엣의 사랑에 대한 시계열과 위상공간

Fig. 3 Time series and phase portrait of romantic style of Romeo and Juliet when  $a < 0, b < 0$  with external force

## VI. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 로미오와 줄리엣의 사랑의 관점에서 이를 수학적으로 표현하고 이를 기반으로 거동을 해석하였으며 또한 외부적인 자극을 주었을 때 기존 연구와의 차이점을 분석하였다. 앞으로 이 수식을 기반으로 한 비선형 거동에 대한 해석과 이를 이용하여 로봇 등에 감성 모델을 이식하는 것이 과제로 남는다.

### 감사의 글

본 논문은 2014년 한국전자통신학회 가을철 종합학술대회 우수논문을 확장한 논문입니다.

## References

- [1] Y. Bae, "Chaotic Phenomena in Addiction Model for Digital Leisure," *Int. J. of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, vol. 13, no. 4, Dec. 2013, pp. 291-297.
- [2] M. Kim and Y. Bae, "Mathematical Modelling and Chaotic Behavior Analysis of Cyber Addiction," *J. of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 24, no. 3, June 2014, pp. 245-250.
- [3] Y. Bae, " Synchronization of Dynamical Happiness Model," *Int. J. of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, vol. 13, no. 4, 2013, pp. 291-297.
- [4] S. Kim, S. Choi, Y. Bae, and Y. Park, "Mathematical Modelling of Happiness and its Nonlinear Analysis," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, 2013, vol. 9, no. 6, pp. 711-717.
- [5] J. C. Sprott, "Dynamical Models of happiness," *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences*, vol. 9, no. 1, 2005, pp. 23-34.
- [6] J. C. Sprott, " Dynamics of love and happiness," *Chaos and Complex Systems Seminar*, Madison WI, Feb. 2001.
- [7] S. Yu, C Hyun, and M. Park, " Backstepping Control and Synchronization for 4-D Lorenz-Stenflo Chaotic System with Single Input," *Int. J. of Fuzzy Logic and Intelligent Systems* vol. 11, no. 3, Sept. 2011, pp. 135-216.
- [8] S. Yu, C. Hyun, and M. Park, "Control and Synchronization of New Hyperchaotic System using Active Backstepping Design," *Int. J. of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, vol. 11, no. 2, June 2011, pp. 77-83.
- [9] Y. Bae, "Diagnosis of power supply by analysis of chaotic nonlinear dynamics," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 1, 2013, pp. 113-119.
- [10] Y. Bae, "Chaotic Phenomena in MEMS with Duffing Equation," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 6, 2011, pp. 709-716.
- [11] Y. Bae and J. Park "A Study on Obstacle Avoid Method and Synchronization of multi chaotic robot for Robot Formation Control based on Chaotic Theory," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 5, no. 5, 2010, pp. 534-540.
- [12] Y. Bae, " A study on chaotic phenomenon in rolling mill bearing," *J. of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 11, no. 4, pp. 315-319,

Aug. 2001.

[13] Y. Bae, J. Kim, Y. Kim, and Y. Shon, "Secure communication using embedding drive synchronization," *J. of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 13, no. 3, pp. 310-315, June 2003.

저자 소개



**김순환(Soon-Whan Kim)**

1980년 한양대학교 통신공학과(공학사)

1982년 한양대학교 대학원 통신공학과(공학석사)

1981년~1984년 삼성전자

1985년~2002년 한국휴렛팩커드 임원

2002년~2012년 (주) ITpro / ITino 대표이사

2012년~현재 제주대학교 통신공학과 교수

현 통신공학과장

※ 관심분야 : Placement with Wire Congestion, IT(SI, SM, N/W), 산학 협력



**배영철(Young-Chul Bae)**

1984년 광운대학교 전기공학과(공학사)

1986년 광운대학교대학원 전기공학과(공학석사)

1997년 광운대학교대학원 전기공학과(공학박사)

1986년~1991년 한국전력공사

1991년~1997년 산업기술정보원 책임연구원

1997년~현재 전남대학교 전기·전자통신·컴퓨터공학부 교수

2002년~2002년 Brigham Young University 방문교수

2011년~2011년 University of Utah 방문교수

※ 관심분야 : Chaos Control and Chaos Robot, Robot control etc.



**손영우(Young-Woo Shon)**

1981년 2월 광운대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1983년 2월 광운대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

2000년 2월 광운대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학박사)

1991~1998년 KISTI 전자전기실 책임연구원

1998년 3월~현재 김포대학 멀티미디어과 부교수

※ 관심분야 : 카오스 공학, 멀티미디어응용, 영상처리

