

## 사이버 중독의 수학적 모델링과 비선형 거동 해석

# Mathematical Modelling and Chaotic Behavior Analysis of Cyber Addiction

김명미\* · 배영철†

Myung-Mi Kim, and Young-Chul Bae†

\*대구한의대학교 실버스포츠산업학과, †전남대학교 전기전자통신컴퓨터공학부

† Division of Electrical·Electronic Communication and Computer Engineering, Chonnam National University

### 요 약

중독은 크게 매개체 자체가 중독성을 가진 매개성 중독과 매개체 자체가 중독성을 가진 것이 아니라 예민한 개인과 잠재된 어떤 행동과 결합하여 중독을 유발하는 유발성 중독으로 나눌 수 있다. 매개성 중독은 약물 중독, 알코올 중독과 주로 화학물질의 직접적인 원인이 되어 중독현상을 일으킨다. 유발성 중독은 쇼핑 중독, 일 중독, 게임 중독, 인터넷 중독, TV 중독, 도박 중독 등의 사이버 중독이 있다. 유발성 중독은 개인의 감수성의 문제로서 개인에 따른 편차가 존재한다.

본 논문에서는 전기 시스템의 R-L-C 직렬 회로와 기계 시스템의 Spring-Damper-Mass를 이용하여 등가적으로 동일한 2차원의 중독 모델을 제안한다. 제안한 중독 모델에 비선형 항을 추가하여 Duffing을 구성한 후 파라미터 변화에 의해 주기 운동과 카오스 운동을 시계열과 위상공간으로 나타내었다. 또한 파라미터 중 통제계수의 변화에 의해 주기 운동은 중독되기 전의 상태를 카오스 운동은 중독된 상태임을 확인하였다.

**키워드** : 사이버 중독, 카오스, 주기 운동, 비선형 모델, Duffing 방정식

### Abstract

Addiction can be largely divided into two categories. One is called medium addiction in which medium itself causes an addiction. Another is called cause addiction that brings addiction through combination of sensitive self and latent personal action. The medium addiction involves addiction phenomena directly caused by illegal drugs, alcohol and various other chemicals. The cause addiction is dependent on personal sensitivities as a sensitive problem of personal and includes cyber addictions such as shopping, work, game, internet, TV, and gambling.

In this paper we propose two-dimensional addiction model that are equivalent to using an R-L-C series circuit of Electrical circuit and a Spring-Damper-mass of mechanical system. We also organize a Duffing equation that is added a nonlinear term in the proposed two-dimensional addiction model. We represent periodic motion and chaotic motion as time series and phase portrait according to parameter's variation. We confirm that among parameters chaotic motion had addicted state and periodic motion caused by change in control coefficient had pre-addiction state.

**Key Words** : Cyber Addiction, Chaos, Periodic Motion, Nonlinear Dynamics Model, Duffing Equation

## 1. 서 론

우리가 살고 있는 실세계 시스템은 선형 시스템이 아닌

접수일자: 2014년 3월 9일

심사(수정)일자: 2014년 4월 1일

게재확정일자 : 2014년 5월 14일

† Corresponding author

본 논문은 지식경제부지정 전남대학교 중화학설비안전 진단센터의 지원에 의한 것입니다.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

비선형 시스템이다. 일반적으로 비선형 시스템은 선형 시스템에 비해 해석이 어려운 것으로 알려져 있다. 비선형 시스템의 영역은 퍼지, 신경망, 카오스 및 복잡계가 해당된다. 최근 비선형 시스템 중에서 카오스 현상에 대한 해석과 이를 응용하는 연구가 공학, 생물학, 심리학, 사회학 등에서 활발하게 진행되어왔다[1-7]

생물학과 심리학의 공동 영역인 중독 문제에 대하여 많은 연구자들이 관심을 기울여왔다. 중독에는 그 종류가 많으며 원인과 증상 또한 다양한 형태로 나타나고 있다. 대표적인 중독의 예로는 약물중독, 알코올 중독, 쇼핑 중독, 운동 중독, 게임 중독, 디지털 여가 중독 등이 있다. 최근에 관심의 대상이 되고 있는 디지털 중독으로는 게임과 스마트 폰 등의 사용에서의 중독이 사회문제로 떠오르고 있으며 이에 대한 현상을 해석하고자 하는 노력을 기울이고 있다.

이러한 해석을 위해서는 먼저 중독 모델에 대한 수학적 모델링이 정립되어야 한다. 배 영철[8]는 담배 니코틴 중독 모델[9]를 이용하여 수정된 디지털 레저에 대한 중독 모델을 만들고 이 모델에서 비선형 현상인 카오스 현상이 존재함을 증명하였으나 니코틴과 디지털 중독 모델은 그 특성이 달라 새로운 모델이 요구된다.

이러한 필요성에 따라 본 연구에서는 전기회로의 R-L-C 직렬 회로와 Spring-Damper-Mass 시스템과 등가적으로 구성할 수 있는 새로운 2차계로 구성된 중독 방정식 모델을 제안한다.

이러한 필요성에 따라 본 연구에서는 전기회로의 R-L-C 직렬회로와 기계 시스템의 Spring-Damper-Mass 시스템과 등가적으로 구성할 수 있는 Duffing 방정식과 동일한 형태의 2차원 모델로 구성된 후 여기에 비선형 항을 추가하여 Duffing과 유사한 중독 방정식을 제시하고 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 이 모델에서 주기 운동과 카오스 운동이 있음을 확인하였다. 또한 파라미터 변화에 의해 중독의 경우 카오스적 거동을 하고 있음을 보였다.

## 2. 사이버 중독 모델

중독의 정의는 사전적 의미로 독에 의해 장애가 발생하나는 것을 말한다. 즉 한 가지 일만 반복적으로 하는 행동과 그렇게 하도록 하는 충동을 가르키며, 반복적인 행동을 못하게 되면 정신적이나 신체적으로 정상적인 생활을 어렵게 한다는 조건이 따른다.

중독은 일시적 쾌락을 추구하는 행위를 장기적으로 행하고, 이것이 원인이 되어 부정적인 결과가 발생해도 통제력을 상실하거나, 혹은 개인이 스스로 노력해도 빠져나올 수 없는 상태가 된다.

중독은 크게 매개체 자체가 중독성을 가진 매개성 중독과 매개체 자체가 중독성을 가진 것이 아니라 예민한 개인과 잠재된 어떤 행동과 결합하여 중독을 유발하는 유발성 중독으로 나눌 수 있다. 매개성 중독은 약물 중독, 알코올 중독과 주로 화학물질의 직접적인 원인이 되어 중독현상을 일으킨다. 유발성 중독은 쇼핑 중독, 일 중독, 게임 중독, 인터넷 중독, TV 중독, 도박 중독 등이 있다. 유발성 중독은 개인의 감수성의 문제로서 개인에 따른 편차가 존재한다.

매개성 중독의 대표적인 약물 중독(substance dependency)은 사용된 약물에 심리적 또는 신체적 의존성을 보이는 증상을 말한다. 정신질환 진단 및 통계 편람은 의존성을 1)몰입/갈구의 단계 2)만취/중독의 단계 3)급단 증세의 세 단계로 구분하였다[11]. 약물 중독은 육체적 급단 현상이 사라져도 약물에 대한 강렬한 갈망을 느끼게 하며 결과적으로 계속해서 약물을 사용하게 한다.

그러나 유발성 중독은 많은 종류들의 중독이 존재하며 이들의 특성은 각각 공통적인 면과 서로 다른 특성을 가진다. 유발성 중독 중에서 게임, 인터넷, 스마트폰으로 인한 중독을 본 논문에서는 사이버 중독이라 부른다.

사이버 중독은 그 원인 및 증상이 다양하고 특히 개인의 감수성 문제가 크게 작용하여 개인에 따라 편차가 존재하기 때문에 공통된 하나의 수식을 이용하여 표현하는 것은 쉽지 않지만 사이버 중독에의 중요한 요소들

을 반영하여 일반화된 수식을 유도할 수 있다.

본 연구에서는 중독도 자연계 시스템과 유사한 현상이 나타날 수 있는 현상으로 보고 전기회로의 R-L-C 직렬 회로, 기계 시스템의 Spring-Damper-Mass 회로와 등가적으로 구성할 수 있는 중독 방정식 모델을 제안한다.

### 2.1 R-L-C 직렬 회로

R-L-C 직렬 회로는 전기회로에서 가장 기본적인 회로이며 그림 1과 같이 나타내며, 식(1)과 같이 미분방정식으로 정리된다.

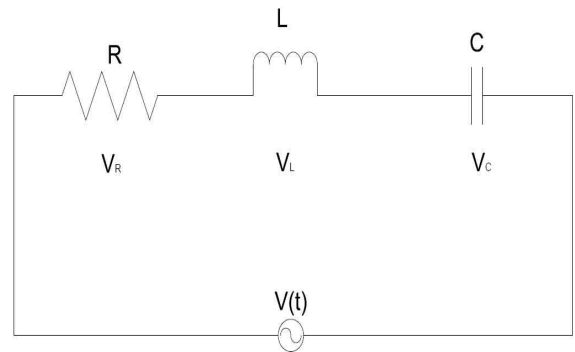


그림 1. R-L-C 직렬회로  
Fig. 1. R-L-C series circuit

$$\begin{aligned} V_R(t) &= Ri(t) \\ V_L(t) &= L \frac{di(t)}{dt} \\ V_C(t) &= \frac{1}{C} \int i(t) dt \end{aligned} \quad (1)$$

식(1)은 독립 변수들인 저항(R), 인덕터(L), 커패시터(C)에 대응하는 중속 변수들의 미분과 적분으로 식(2)과 같은 시간에 따라 변하는 시변(time varying)의 2차 방정식으로 정리된다.

$$\begin{aligned} V_R(t) + V_L(t) + V_C(t) &= V(t) \\ &= Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{C} \int i(t) dt \end{aligned} \quad (2)$$

식(2)에서 적분 항을 제거하기 위하여 미분을 수행하면 식(3)과 같이 정리된다.

$$L \frac{di^2(t)}{dt^2} + R \frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{C} i(t) = V(t) \quad (3)$$

### 2.2 Spring-Damper-Mass

Spring-Damper-Mass 시스템 기계 시스템에서 가장 기본적인 시스템이며 그림 2와 같이 나타내며 이에 대한 방정식은 식(4)과 같이 정리된다.

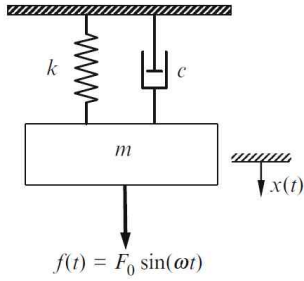


그림 2. Spring-Damper-Mass 회로  
Fig. 2. Spring-Damper-Mass circuit

$$\begin{aligned} f_c(t) &= cx(t) \\ f_m(t) &= m \frac{dx(t)}{dt} \\ f_k(t) &= k \int x(t)dt \end{aligned} \quad (4)$$

여기서  $m$ 은 질량,  $c$ 는 제동 계수,  $k$ 는 스프링 상수이다.

R-L-C 직렬회로의 식(2)과 식(3)의 유도과정과 동일하게 독립 변수들인 제동계수( $c$ ), 질량( $m$ ), 스프링상수( $k$ )에 대응하는 중속 변수들의 미분과 적분으로 식(5)과 같은 시간에 따라 변하는 시변의 2차 방정식으로 정리된다.

$$\begin{aligned} f_c(t) + f_m(t) + f_k(t) &= f(t) \\ &= cx(t) + m \frac{dx(t)}{dt} + k \int x(t)dt \end{aligned} \quad (5)$$

식(5)에서 적분 항을 제거하기 위하여 미분을 수행하면 식(6)과 같이 정리된다.

$$m \frac{dx^2(t)}{dt^2} + c \frac{dx(t)}{dt} + kx(t) = f(t) \quad (6)$$

### 2. 3 사이버 중독 모델 유도

사이버 중독 모델을 유도하기 위해서 본 논문에서는 R-L-C 직렬회로에서의 전하( $q$ )와 Spring-Damper-Mass 시스템에서의 변위( $x$ )를 사이버 시스템에서는 증가적으로 사이버 공간에 접속하는 접속량( $Q$ )로 정의한다.

따라서 전하의 시간에 대한 변화량인 전류( $i$ ), 변위의 시간의 변화량인 속도( $v$ ), 사이버 공간에 접속하는 접속량의 시간의 변화량인 감성적 거동( $e$ )에 대한 관계식은 각각 식(7)-식(9)과 같이 정리된다.

$$i = \frac{dq}{dt} [A] \quad (7)$$

$$v = \frac{dx}{dt} [m/s] \quad (8)$$

$$e = \frac{dQ}{dt} [T/m] \quad (9)$$

여기서  $T$ 는 접속되는 양에 대한 시간 또는 횟수이다.

본 논문에서는 중독을 전기 시스템의 식(1)과 기계 시스템의 식(4)에서 전압과 힘에 대응하는 것을 물리적 행동( $B$ )으로 보고, 전류와 속도에 대응하는 것을 감성적 거동( $e$ )로 정의하였다. R-L-C 회로에서 독립적인 소자는 저항, 인덕터, 커패시터이며 기계 시스템에서는 Spring, Damper, Mass가 독립소자이다. 사이버 중독에서는 독립적인 소자들을 통제(control), 소망(desire), 감수성(sensitivity)로 정하여 사용한다. 이들은 각각 저항 또는 damper(감쇄계수), 인덕터 또는 mass(질량), 커패시터 또는 spring(스프링 상수)와 등가적인 관계를 가지며 식(10)과 같이 정의한다.

$$\begin{aligned} B_c(t) &= ce(t) \\ B_d(t) &= d \frac{de(t)}{dt} \\ B_s(t) &= s \int e(t)dt \end{aligned} \quad (10)$$

여기서  $c, d, s$ 는 각각 통제계수(control), 소망계수(desire), 감수성계수(sensitivity)를 나타낸다.

통제 계수는 행위자가 어떤 행동을 하지 않을 스스로 자제하는 계수를 말한다. 이 값이 0이면 전기 시스템의 저항과 기계 시스템의 제동계수 또는 마찰이 없는 상태가 되어 전기 시스템에서는 주파수  $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ , 기계 시스템에서는

진동수  $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$ 의 값을 가지고 단진자 운동이 영원히 지속되어 중독 현상이 일어나지 않을 것이다. 물론 통제 계수가 너무 크면 저항과 제동 계수 또는 마찰이 작은 것과 동일하므로 진동 자체가 발생하지 않아 중독에 이르지 못할 것으로 보인다. 그러나 통제 계수가 작아 행위자의 행동을 제어하지 못하면 중독 단계로 전이할 가능성이 높다.

소망계수는 원하는 것을 하고자 하는 소망의 척도를 나타내며 의지와 연관성을 갖는다. 소망 계수는 몰입과 관계되며 이 또한 너무 강한 값을 가지면 중독에 이를 가능성이 높다고 할 수 있다. 이는 전기시스템에서는 자기 에너지에 해당되며 기계 시스템에서는 질량에 대응된다.

감수성계수는 사이버 중독과 같은 유발성 중독은 약물 중독과 같은 매개성 중독과 달리 개인의 감수성에 의해 큰 편차를 가진다. 이는 전기 시스템에서는 정전에너지에 대응되고 기계 시스템에서는 스프링의 위치 에너지에 해당된다.

전기 시스템에서 인덕터의 자기 에너지와 커패시터의 정전에너지, 기계 시스템에서 물체의 운동에너지와 스프링의

위치에너지 사이에 에너지 교환으로 진동이 발생하는 것처럼 사이버 중독 모델에서도 소망 계수와 감수성 계수 사이에 의식(에너지) 교환으로 심리적, 신체적인 동요 현상이 일어나는 것으로 처리하였다.

본 논문에서 3개의 독립적인 파라미터인 통제계수, 소망 계수, 감수성계수를 고려하여 행위자 내부의 감성의 상태를 나타내는 감성적인 거동(e)과 행위자의 전체적인 행동을 나타내는 물리적 행동(B)과의 관계를 각각 비례, 미분, 적분 관계의 합으로 식(11)과 같이 표현한다.

$$B_c(t) + B_d(t) + B_s(t) = B(t) \\ = ce(t) + d \frac{de(t)}{dt} + s \int e(t)dt \quad (11)$$

식(11)에서 적분 항을 제거하기 위하여 미분을 수행하면 식(12)과 같이 정리된다.

$$d \frac{de^2(t)}{dt^2} + c \frac{de(t)}{dt} + se(t) = B(t) \quad (12)$$

중독 중에서도 인터넷, 컴퓨터 게임, 스마트 폰 과 같은 사이버 중독 모델은 이들 기기들을 사용하면서 상황적 요인과 정신 병리적인 요인에 의해서 부적응적인 인지가 나타난 후 이용자는 일반화된 병적 사용과 특수한 병적 사용으로 구분하여 사용한 후 중독 증상과 함께 부적응적 인지로 피드백한다. 일반화된 병적 사용은 개인의 사회적 환경과 연관이 많으며 이는 사회적 격리나 지지망이 부족한 사람들이 사이버 공간을 이용하여 사회적 관계를 연결지으려고 하는 것과 관계있으며 이는 식(12)의 사이버 중독 모델에서 일반해를 구하는 것과 등가적으로 처리할 수 있다. 특수한 병적 사용은 사이버 상에서 주식, 경매, 포르노그래피 등에 중독 행동을 보이는 것으로 정신 병리와 연관이 있으며 이를 식(12)의 특이 해를 구하는 것으로 등가적으로 처리할 수 있다.

### 3. 사이버중독 모델에서의 비선형 거동 해석

식(12)의 왼쪽 항에 비선형 특성을 좌우하는 힘을 가진 상수항인  $\beta e^3$ 을 추가하고 오른쪽 항에 외부에서 물리적인 행동에 대응하는 힘을 정현파 형태로 가정하여 인가하면 식(13)같이 정리된다.

$$d\ddot{e} + c\dot{e} + se + \beta e^3 = A \sin \omega t \quad (13)$$

여기서  $\ddot{e} = \frac{d^2e}{dt^2}$ ,  $\dot{e} = \frac{de}{dt}$ 이며, 여기서  $d$ 는 소망계수,  $c$ 는 통제 계수,  $s$ 은 민감성 계수,  $\beta$ 는 비선형성의 세기,  $A$ 는 진폭의 크기를 나타낸다.

식(10)은 일반적으로 기계 시스템에서는 Duffing 방정식이라고 부른다. 이 방정식으로부터 다양한 비선형 거동이 나타나는 것처럼 중독 모델에서도 다양한 비선형적인 거동이 나타난다.

식(13)의 우변 항은 외부에서 제공하는 외부적인 힘 또는 자극으로서 사이버 공간에 접속을 유도하는 외부적인 환경으로 본 논문에서는 가정하였다. 따라서 외부적인 환경은 자극의 세기에 해당하는 진폭과 빈도수인 주파수로 정의할 수 있다. 일반적으로 진폭이 자극의 세기이므로 자극의 세기가 클수록 그리고 빈도수가 많을수록 중독에 이를 가능성이 높다고 할 수 있다.

식(13)로부터 민감성 계수 항과 비선형 항을 나타내면 그림 3과 같이 나타낼 수 있다.

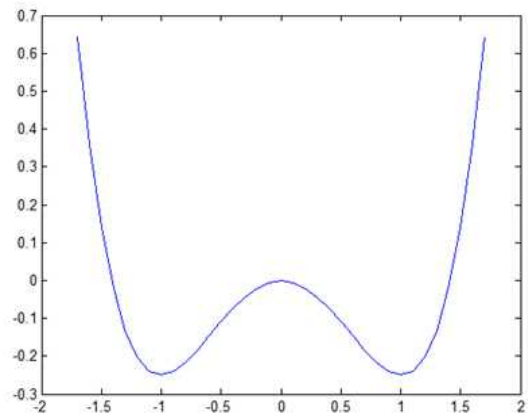
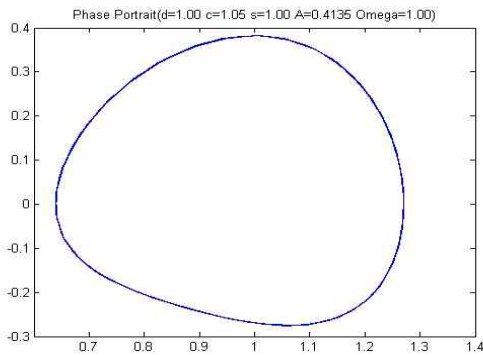
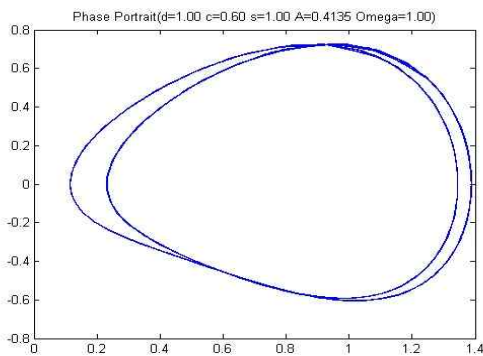


그림 3. 민감성 계수 항과 비선형 항  
Fig. 3. Graph of sensitivity coefficient term and nonlinear term

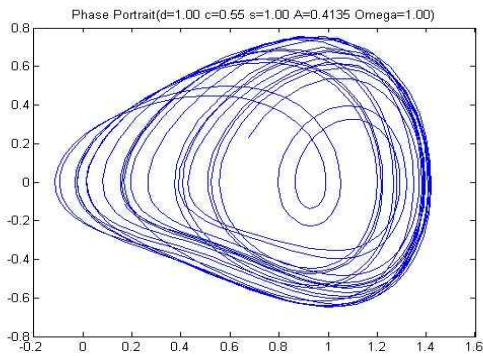
그림 4는 식(12)의 중독 모델에서 컴퓨터 시뮬레이션으로 주기 운동과 카오스 운동의 결과를 보여준다. 그림 4는 소망과 민감성 계수를 1, 외부 자극에 대한 진폭을 0.4135,  $\omega = 1$ 로 놓고 통제계수에 대한 변화를 주었을 때의 위상공간과 시계열 데이터를 보여준다. 그림 4에서 확인할 수 있듯이 통제계수가 클 경우에는 심리적 거동이 통제 범위 내에 있는 1주기 또는 2주기의 현상을 나타낼 수 있다. 동일 조건에서 통제 계수가 점점 작아져 통제 영역이 줄어들면 주기 배증 현상을 그림 4(e), 4(f)에서 보는 것과 같이 카오스 현상으로 진행된다. 본 논문에서는 주기 운동을 중독 이전 상태로 판정하고 카오스 현상을 중독의 상태로 판정한다.



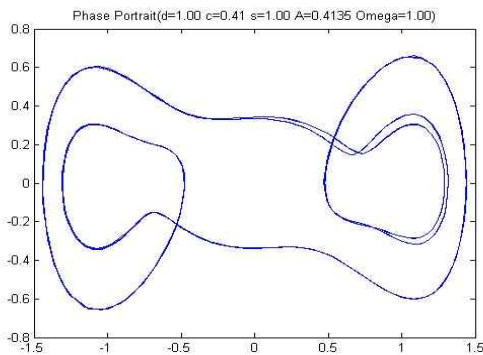
(a)  $c = 1.05, A = 0.4135, \omega = 1.0$  일 때



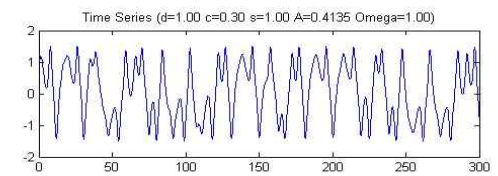
(b)  $c = 0.6, A = 0.4135, \omega = 1.0$  일 때



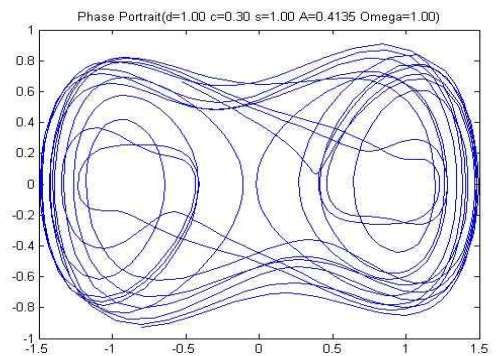
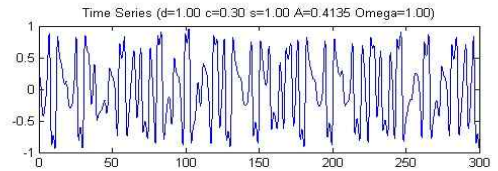
(c)  $c = 0.55, A = 0.4135, \omega = 1.0$  일 때



(d)  $c = 0.41, A = 0.4135, \omega = 1.0$  일 때



(e)  $c = 0.30, A = 0.4135, \omega = 1.0$  일 때



(f)  $c = 0.30, A = 0.4135, \omega = 1.0$  일 때

그림 4. 시계열과 위상공간  
Fig. 4. Time-series and phase plane

### 5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 전기회로의 R-L-C 직렬 회로, 기계 시스템의 Spring-Damper-Mass에 기반한 2차원 미분방정식으로 구성하고 여기에 비선형 항을 추가한 새로운 중독 모델을 제시하였다. 본 논문에서 제시한 중독 모델은 Duffing의 모델과 동일하며 파라미터 변화에 의해 주기 운동과 카오스 운동이 있음을 시계열과 위상 공간을 통하여 확인하였다. 확인 결과 통제계수가 클 때 주기 운동이, 작아질 때 카오스 운동이 나타나는 것으로 보아 카오스 운동이 중독된 상태로 가정할 수 있다. 앞으로 인체 모델과 사람의 심리 상태를 반영한 심리학과 뇌과학 영역이 포함되는 보다 정확한 사이버 중독 모델식을 유도하는데 본 연구 결과를 적용할 있을 것으로 보인다.

### References

[1] Sung-Hun Yu, Chang-Ho Hyun, Mignon Park, "Backstepping Control and Synchronization for 4-D Lorenz-Stenflo Chaotic System with Single Input", *International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, vol. 11, no. 3, September 2011,

pp. 135-216.

[2] Sung-Hun Yu, Chang-Ho Hyun, Mignon Park, "Control and Synchronization of New Hyperchaotic System using Active Backstepping Design", *International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, vol. 11, no. 2, June 2011, pp. 77-83.

[3] 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.

[4] 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.

[5] Y. Bae, 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.

[6] Y. C. Bae, "A study on chaotic phenomenon in rolling mill bearing," *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 11, no. 4, pp. 315-319, Aug. 2001.

[7] Y. C. Bae, J. W. Kim, Y. G. Kim, and Y. W. Shon, "Secure communication using embedding drive synchronization," *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 13, no. 3, pp. 310-315, June 2003. <http://dx.doi.org/10.5391/JKIS.2003.13.3.310>

[8] Y. Bae, "Chaotic Phenomena in Addiction Model for Digital Leisure," *International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems* vol. 13, no. 4, December 2013, pp. 291-297 <http://dx.doi.org/10.5391/IJFIS.2013.13.4.291>

[9] S. Metin and N. S. Sengor, "Dynamical system approach in modeling addiction," in *International Conference of Brain Inspired Cognitive Systems*, Madrid, Spain, July 14-16, 2010.

저 자 소 개



**김명미(Myung-Mi Kim)**

1994년 계명대학교 체육대학 무용학과 (체육학사)  
 1996년 계명대학교 교육대학원 체육학과 (교육학석사)  
 2005년 대구대학교대학원 체육학과(이학박사)  
 2014년 대구한의대학교 실버스포츠산업학과 교수

관심분야 : leisure education, School exerciser,  
 Phone : +82-53-819-1467  
 E-mail : mm0820@hanmail.net



**배영철(Young-Chul Bae)**

1984년 광운대학교 전기공학과 (공학사)  
 1986년 광운대학교대학원 전기공학과 (공학석사)  
 1997년 광운대학교대학원 전기공학과(공학박사)  
 1986년~1991년 한국전력공사  
 1991년~1997년 산업기술정보원 책임연구원

1997년~2006년 여수대학교 전자통신전기공학부 부교수  
 2002년~2002년 Brigham Young University 방문교수  
 2011년~2011년 University of Utah 방문교수  
 2006년~현재 전남대학교 전기·전자통신·컴퓨터 공학부 교수

관심분야 : Chaos Control and Chaos Robot, Robot control etc.  
 Phone : +82-61-659-7315  
 E-mail : ycbae@chonnam.ac.kr