

# 카오스 로봇의 하드웨어 구현

## The Hardware Implementation of Chaotic Robot

배 영철, 김이곤, 김 천석, 조 의주, 구 영덕\*  
여수대학교 전자통신전기공학부, \*과학기술정보연구원

Youngchul Bae, Yi-Gon Kim, Cheonsuk Kim, \*Youngduk Koo  
Divi. of Electronic Communication and Electrical Engineering of Yosu National  
University, \*KISTI  
E-mail : ycabe@yosu.ac.kr

### 요 약

본 논문에서는 여러 가지 카오스 방정식을 자율 이동 로봇에 내장할 수 있는 카오스 이동 로봇의 하드웨어를 구현하였다. 이 카오스 로봇은 로봇 주행이 다양한 곡면의 카오스 궤적을 가지고 주행 또는 탐색할 수 있도록 여러 종류의 카오스 회로 즉 Chua's 회로, Lorenz 회로, 하이퍼카오스 회로 등을 카오스 로봇에 내장하도록 설계되어 있도록 설계되어 있다.

### 1. 서론

카오스 이론은 거의 20년 동안 과학 분야에서 큰 관심을 받아 왔었다. 최근에 물리나 수학으로부터 실세계 공학 응용에 적용하고자 하는 시도에 대한 연구 노력이 활발하게 진행되고 있다. 카오스의 응용은 카오스 제어[2], 카오스 동기화, 비밀/암호 통신[3-5], 화학[6], 생물학[7], 로봇과 로봇에 관련된 영역[10]과 같은 분야에 대한 활발한 연구가 있었다. 최근에 Nakamura, Y. et al[1]은 아놀드 방정식으로 표현되는 카오스 이동 로봇을 소개하고 이 카오스 로봇이 가지는 궤적이 카오스적인 특성이 있음을 연구하였다. 이 논문에서는 아놀드 방정식을 내장한 카오스 로봇이 카오스적인 특성과 고정 장애물을 두어 고정 장애물을 카오스 로봇이 피해 가는 방법을 제공하였으며, 배영철[15-19] 등은 카오스 이동 로봇에

장애물이 있을 때 이를 피해가는 방법과 목표물 부근과 목표물을 카오스 로봇이 집중적인 탐색을 행하는 방법을 제시하였으며 2대 이상의 로봇이 서로 동기화 하여 협조를 할 수 있는 방법[20] 등도 제시되어 있으나 이를 하드웨어로 실제 구현한 경우는 없었다.

이에 본 논문은 Chua's 방정식 및 다양한 카오스 회로를 이동 로봇에 내장하여 카오스 이동 로봇을 구성하기 위한 하드웨어 제작 기법을 제시하였다.

### 2. 카오스 이동 로봇 방정식

#### 2.1 이동 로봇

이동 로봇의 수학적 모델을 설계하기 위하여 그림 1에 2바퀴를 가진 이동 로봇을 가정하여 나타내었다.

서 고정 장애물뿐만 아니라 은닉 장애물과 이동

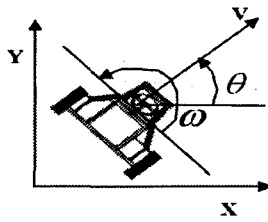


그림 1. 이동 로봇

로봇의 선형 속도를  $v[m/s]$ , 각속도  $w[rad/s]$ 를 시스템의 입력이라 놓으면 이동 로봇의 상태 방정식은 식(1)과 같이 표현된다.

$$\begin{pmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{y}_1 \\ \dot{\theta} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & 0 \\ \sin \theta & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v \\ w \end{pmatrix} \quad (1)$$

여기서  $(x[m], y[m])$ 는 로봇의 위치,  $\theta[rad]$ 은 로봇의 각도이다.

### 2.2 Chua's 방정식

식(2)에 Chua's 방정식의 상태방정식을 나타내었다.

$$\begin{aligned} C_1 \frac{dv_{c_1}}{dt} &= G(v_{c_2} - v_{c_1}) - g(v_R) \\ C_2 \frac{dv_{c_2}}{dt} &= G(v_{c_1} - v_{c_2}) + i_L \end{aligned} \quad (2)$$

$$L \frac{di_L}{dt} = -v_{c_2}$$

여기서  $v_{c_1}, v_{c_2}$ 는 각각 캐패시터  $C_1, C_2$ 의 양단 전압,  $i_L$ 은 인덕터  $L$ 에 흐르는 전류,  $G=1/R, g(\cdot)$ 는 비선형 저항으로써 식(3)과 같이 표현된다.

$$g(v_R) = m_0 v_R + \frac{1}{2} (m_1 - m_0) [|v_R + B_p| - |v_R - B_p|] \quad (3)$$

여기서  $m_0$ 는 외부 영역의 기울기,  $m_1$ 은 내부 영역의 기울기,  $\pm B_p$ 는 break-point이다.

### 3. 카오스 로봇의 하드웨어 구현

카오스 로봇의 하드웨어 구현을 위한 CPU와 통신 모듈, 바퀴 구동부 및 하드웨어 장착은 다음과 같다.

#### 3.1 카오스 로봇의 CPU

카오스 로봇의 하드웨어 구현을 위하여 여러 가지 카오스 회로의 수식을 처리하고, 통신 및 자율 이동을 위한 카오스 로봇의 CPU로서 그림 2와 같은 PIC18F8720 Micro chip을 선택하였다.

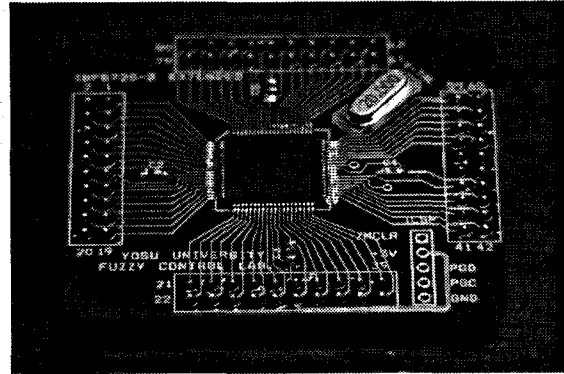


그림 2. 카오스 로봇에 사용된 CPU 칩

이 PIC18F8720 Micro chip 마이크로 칩은 초보 사용자도 쉽게 사용할 수 있는 실험용 보드이며, 만능 기판에 사용가능한 2.54 간격 핀 배치를 가진다. 또한 ICD2용 포트가 내장되어 ICD2와 연결 가능할 뿐만 아니라 PIC18F8720-I/PT 칩이 이미 납땜되어 있어 납땜이 불필요하며, 18계열 입문자가 ICD2와 같이 사용하면 편리하다. 제품 크기는 42 x 48 x 26 mm로서 소형 로봇에 탑재하기에 용이하다는 특징을 가지고 있다.

#### 3.2 카오스 로봇의 통신 모듈

제한한 카오스 로봇의 통신 모듈은 유비쿼터스 환경에 적용하기 위하여 그림 3과 같은 HPS-120을 채택하였다.

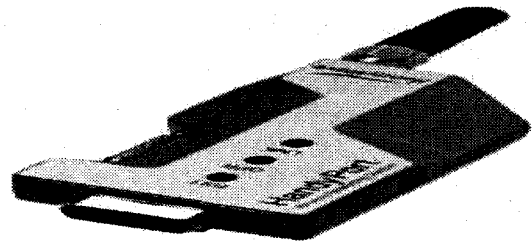


그림 3. 카오스 로봇에 사용된 통신 모듈

HPS-120은 유선 RS-232 통신을 무선으로 제공하며, 가시거리 100미터까지 통신이 가능하므로 RS-232 통신상의 거리 제한을 연장할 수 있다. HandyPort는 핸디웨이브의 여러 가지 근거리 무

선 솔루션의 하나로서 RS-232 직렬통신 방식을 사용하는 컨트롤러(서버)와 주변장치(클라이언트) 간의 통신케이블을 없애 주는 역할을 수행한다.

### 3.3 카오스 로봇 바퀴 설계

카오스 로봇 바퀴 설계를 위하여 그림 4와 같은 스텝 모터를 사용하고 이를 제어하기 위한 제어기를 그림 5와 같은 SLA7024M 제어기를 사용하였다.

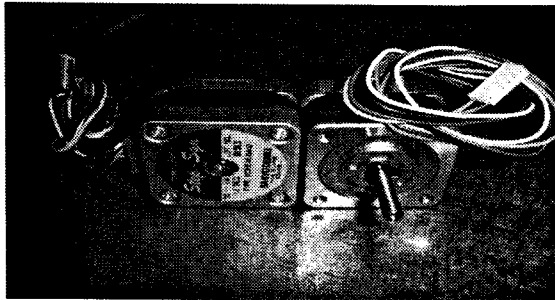


그림 4. 카오스 로봇바퀴에 사용된 스텝 모터

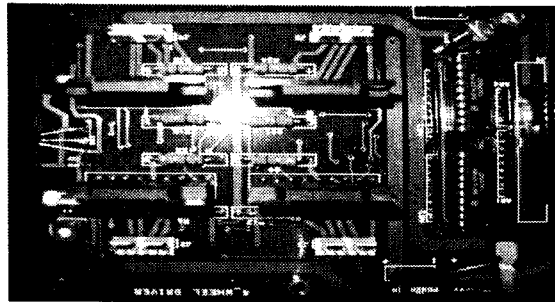


그림 5. 카오스 로봇 바퀴 제어 드라이버

### 3.4 카오스 로봇 차체 설계

4개의 바퀴를 가진 카오스 로봇의 차체를 그림 6에 나타내었다.

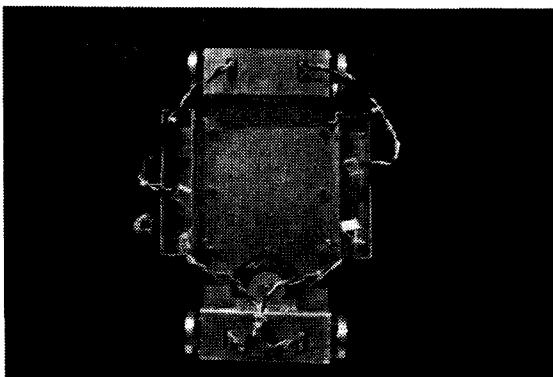


그림 6. 카오스 로봇 차체

### 3.5 카오스 로봇 조향 시스템 설계

4개의 바퀴를 가진 카오스 로봇의 주행 방향을 결정하기 위한 조향 시스템을 그림 7과 같이 설계하였다.

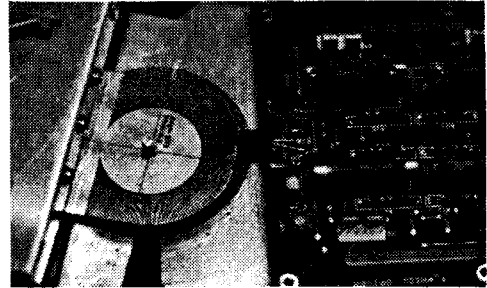


그림 7. 카오스 로봇 지향 시스템

### 3.6 카오스 로봇 완성품

4개의 바퀴를 가진 카오스 로봇의 하드웨어 구성을 그림 8과 같이 나타내었다.

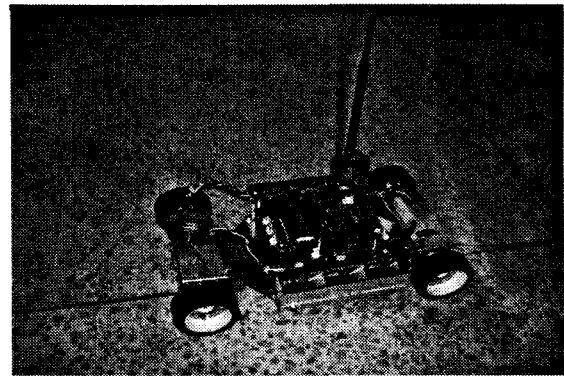


그림 8. 완성된 카오스 로봇 시스템

## 4. 카오스 로봇 주행 알고리즘

### 4.1 Chua's 방정식을 이동로봇에의 내장

이동 로봇 속에 Chua's 방정식을 통합하기 위하여 다음과 같은 상태 변수를 정의할 수 있다.

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= a(x_2 - g(x_1)) \\ \dot{x}_2 &= x_1 - x_2 + x_3 \\ x_3 &= \theta \end{aligned} \quad (4)$$

또한 입력을 다음과 같이 놓으면

$$\begin{aligned} \omega &= -\beta x_2 \\ v &= \text{arbitrary constant} \end{aligned} \quad (5)$$

마지막으로, Chua's 회로에 통합하는 식은 다음과 같이 정의 할 수 있다.

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= \alpha(x_2 - g(x_1)) \\ \dot{x}_2 &= x_1 - x_2 + x_3 \\ \dot{x}_3 &= -\beta x_2 \\ \dot{x} &= v \cos x_3 \\ \dot{y} &= v \sin x_3 \end{aligned} \quad (6)$$

식(6)을 프로그래밍하여 마이크로프로세서에 내장하였다.

#### 4.2 카오스 이동 로봇 경로

카오스 이동로봇에 적용될 프로그램을 이용하여 예상이동경로를 예상 그래프를 그림 8에 나타내었다.

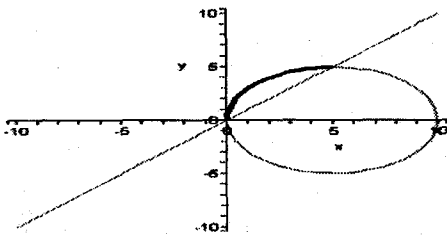


그림 8. 로봇 경로 이동 예상 그래프

### 5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 카오스 방정식을 이용한 카오스 회로를 이동 로봇에 내장하여 카오스 이동 로봇을 하드웨어로 구성하였다. 앞으로 카오스 로봇의 경로 제어나 협조 제어에 적용하는 것이 과제로 남는다.

#### 감사의 글

이 논문은 정보통신부의 대학 기초 프로그램의 지원에 의해 수행되었음.

#### 참고문헌

[1] Yoshihiko Nakamura and Akinori Sekiguchi, "The Chotic Mobil Robot", IEEE Trans. Robotics and Automation, Vol.17, No.6. pp898-904. 2001.  
 [2] T. Shinbrot, C.Grebogi, E.Ott, and J.A.Yorke, "Using small perturbations to control chaos," nature, vol.363, pp.411-417, 1993  
 [3] K. Cuomo, A.V.Oppenheim, and S.H.Strogatz, "Synchronization of lorenz-based chaotic circuits with application to communications," IEEE Trans. Circuits Syst. II

vol.40, pp.626-633, Oct. 1993.

[4] T.Ushio, " Chaotic synchronization and controlling chaos based on contraction mappings, " Phys. Lett .A, vol.198, no. 1, pp.14-22, 1995

[5] K.Aihara, T.Takabe, and M.Toyoda, "Chaotic neural networks," Phys.Lett.A, vol.144, no.6,7,pp.333-340, 1990

[6] Y.Yao and W.J.Freeman, "Model of biological pattern recognition with spatially chaotic dyamics," Neural Networks, vol.3,pp.153-170, 1990

[7] I.Tsuda, "Can stochastic renewal of maps be a model for cerebral cortex?," Physica D, vol.75,pp 165-178, 1994

[8] I.Tokuda, T.Nagashima, and K.Aihara, "Global bifurcation structure of chaotic neural networks and its application to traveling salesman problems, " Neural Networks, vol.10,no9, pp.1673-1690, 1997.

[9] H.Okamoto and H.Fuji, Nonlinear Dyamics, Iwanami Lectures of applied Mathematics (in Japanese) Iwanami, Tokyo, 1995, vol.14.

[10] S.Wiggins, Introdtion to applied Nonlinear Dynamical Systems and Chaos: Springer -Verlag, 1990.

[11] G. L. Baker and J. P. Gollub, Chaotic Dynamics an Introduction. Cambridge, U.K: Cambridge Univ.Press, 1990.

[12] I. Shimada and T. Nagashima, "A numerical approach to ergodic problem of dissipative dynamical systems, "Prog. Theor. Phys., vol. 61, no. 6, pp. 1605-1616, 1979.

[13] K. Umeno, "Chaos and computing" (in Japanese), Math Sci, no. 415, pp.60-68, Jan. 1998.

[14] S.Wiggins, Introduction to applied Nonlinear Dynamical Systems and Chaos: Springer -Verlag, 1990.

[15] 배영철,김주완,최남섭, " The Collision Avoidance Method in the Chaotic Robot with Hyperchaos Path", 한국해양정보통신학회 2003년 추계 종합 학술 대회, 7권 2호, pp.584-588, 2003.

[16] 배영철,김주완,최남섭, " The Analysis of Chaotic Behaviour in the Chaotic Robot with Hyperchaos Path ov Van der Pol(VDP) Obstacle", 한국해양정보통신학회 2003년 추계 종합 학술 대회, 7권 2호, pp.589-593, 2003.

[17] Y. C. Bae, J.W. Kim, Y.I. Kim, " Chaotic Behaviour Analysis in the Mobile of Embedding some Chaotic Equation with Obstacle", 퍼지 및 지능시스템 학회 논문지, 12 권 6호, pp.729-736, 2003.

[18] Y. C. Bae, J.W. Kim, Y.I. Kim, " Obstacle Avoidance Methods in the Chaotic Mobile Robot with Integrated some Chaotic Equation", International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent System, vol. 3, no. 2. pp. 206-214, 2003.

[19]Y. C. Bae, J.W. Kim, Y.I. Kim, " The Obstacle Collision Avoidance Methods in the Chaotic Mobile Robots", ISIS 2003 Proceeding of the 4th International symposium on Advanced Intelligent System, pp. 591-594, 2003.

[20] 배영철,김천석, "카오스 로봇에서의 상호 연동 제어", 한국해양정보통신학회2005추계종합학술대회, pp. 942-946. 2005.