카오스 이동 로봇에서의 목표물 탐색 방법

Target Searching Method in the Chaotic Mobile Robot

배 영철, 김 이곤
여수대학교 전자통신전기공학부

Young-Chul Bae, Yi-Gon Kim
Divi. of Electronic Communication and Electrical Engineering of Yosu National University
E-mail : ycabe@yosu.ac.kr

요 약

본 본문은 하이퍼카오스, 로렌츠, 해밀톤 방정식과 같은 여러 종류의 카오스 회로를 이동 로봇에 내장하여 카오스 이동 로봇을 구성하고 이 카오스 이동 로봇이 어느 임의 평면을 카오스 궤적을 가지고 탐색하다가 목표물에 근접하거나 탐색하고자 하는 목표물이 확인되면 집중적인 탐색을 실행하는 방법을 제시하고 그 결과를 검증하였다. 목표물 탐색에서는 장애물 회피와 유사한 카오스 궤적을 가지고 탐색하도록 하는 알고리즘을 개발하고 그 결과를 검증하였으며 이에 대한 타당성을 확인하였다.

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 로봇에서 고정 장애물뿐만 아니라 은닉 장애물과 이동 장애물이 있을 때 이를 피해 하는 방법을 제시하였으나 목표물 부근과 목표물을 카오스 로봇이 집중적인 탐색을 행하는 방법에 대한 연구는 진행하지 못하였다.

이에 본 본문은 하이퍼카오스, 로렌츠, 해밀톤 방정식과 같은 여러 종류의 카오스 회로를 이동 로봇에 내장하여 카오스 이동 로봇을 구성하고 이 카오스 이동 로봇이 어느 임의 평면을 카오스 궤적을 가지고 탐색하다가 목표물에 근접하거나 탐색하고자 하는 목표물이 확인되면 집중적인 탐색을 실행하는 방법을 제시하고 그 결과를 검증하였다. 목표물 탐색에서는 장애물 회피와 유사한 카오스 궤적을 가지고 탐색하도록 하는 알고리즘을 개발하고 그 결과를 검증하였으며 이에 대한 타당성을 확인하였다.

2. 카오스 이동 로봇 방정식

2.1 이동 로봇

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

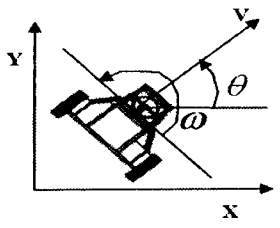

그림 1. 이동 로봇

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

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

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

2.2 하이퍼카오스 방정식을 가진 카오스 이동 로봇

식(2)에 하이퍼카오스 회로의 상태방정식을 나타내었으며 식(1)과 식(2)의 방정식으로부터 얻어진 하이퍼카오스 회로를 내장한 카오스 이동 로봇의 상태 방정식을 식(3)에 나타내었다.

$$\begin{aligned} \dot{x} &= \alpha[y - h(x)] \\ \dot{y} &= x - y + z \\ \dot{z} &= -\beta y \end{aligned} \tag{2}$$

$$\begin{pmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{x} \\ \dot{y} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha[y^{(j)} - h(x^{(j)}] + D_x(x^{(j-1)} - 2x^{(j)} + x^{(j+1)})) \\ x^{(j)} - y^{(j)} + z^{(j)} \\ -\beta y^{(j)} \\ v\cos x_3 \\ v\sin x_3 \end{pmatrix} \tag{3}$$

2.3 로렌츠 방정식을 가진 카오스 이동 로봇

식(4)에 로렌츠 회로의 상태 방정식을 나타내었으며 식(1)과 식(4)의 방정식으로부터 얻어진 로렌츠 회로를 내장한 카오스 이동 로봇의 상태 방정식을 식(5)에 나타내었다.

$$\begin{aligned} \dot{x} &= \sigma(y - x) \\ \dot{y} &= \gamma x - y - xz \\ \dot{z} &= xy - bz \end{aligned} \tag{4}$$

$$\begin{pmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{x} \\ \dot{y} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sigma(y - x) \\ \gamma x - y - xz \\ xy - bz \\ v\cos x_3 \\ v\sin x_3 \end{pmatrix} \tag{5}$$

2.3 해밀톤 방정식을 가진 카오스 이동 로봇

해밀톤 방정식을 로봇에 내장하기 위하여 식(6)과 같이 주어지는 해밀톤 방정식을 고려하였으며 식(1)과 식(10)을 이용하여 해밀톤 방정식을 내장한 카오스 로봇의 상태 방정식을 식(7)과 같이 구성할 수 있다.

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_1(13 - x_1^2 - y_1^2) \\ x_2 &= 12 - x_1(13 - x_1^2 - y_1^2) \end{aligned} \tag{6}$$

$$\begin{pmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x} \\ \dot{y} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1(13 - x_1^2 - y_1^2) \\ 12 - x_1(13 - x_1^2 - y_1^2) \\ v\cos x_3 \\ v\sin x_3 \end{pmatrix} \tag{7}$$

3. 은닉 장애물

카오스 이동 로봇에서 은닉 장애물을 표시하기 위하여 식(8)로 표시하는 VDP(Van der Pol) 방정식을 이동 로봇의 장애물로 가정하였다.

$$\begin{aligned} \dot{x} &= y \\ \dot{y} &= (1 - y^2)y - x \end{aligned} \tag{8}$$

식 (8)로부터 그림 2와 같은 리미트 사이클을 얻을 수 있으며, 이 리미트 사이클을 장애물로 가정하였다.

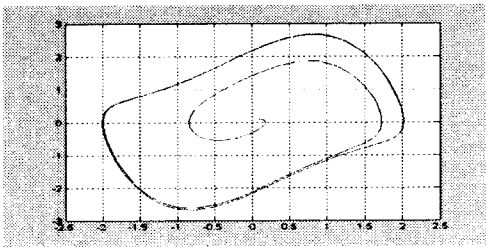

그림 2. VDP의 리미트 사이클

4. 목표물 탐색

본 연구에서는 로봇이 탐색할 때 특정의 목표물이 발견되면 특정 반경을 설정하고 그 목표물에 대해 로봇이 집중적인 탐색을 하도록 설계하였다.

4.1 하이퍼카오스 로봇에서의 목표물 탐색

그림 3-5은 하이퍼카오스 로봇에서 목표물을 발견하였을 때 집중적인 탐색 결과를 나타내었다. 그림 3는 장해물과 4개의 목표물, 그림 4는 고장 장해물, 은닉 장해물, 목표물을 그림 5는 2개의 목표물이 주어질 때 탐색 결과를 나타내었다.

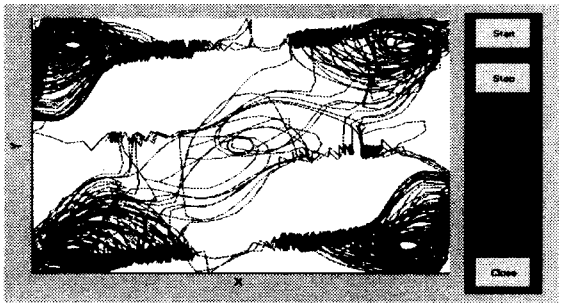

그림 3. 장해물과 목표물을 가진 카오스 이동 로봇에서 목표물 집중 탐색 궤적

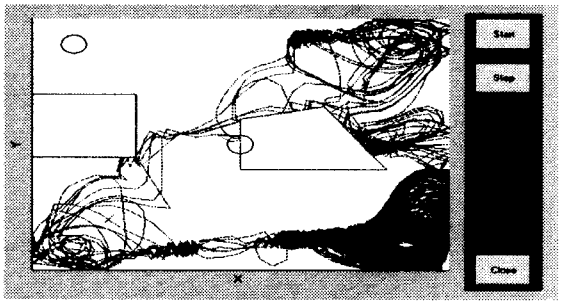

그림 4. 고정 및 은닉 장해물과 목표물을 가진 카오스 이동 로봇에서 목표물 집중 탐색 궤적

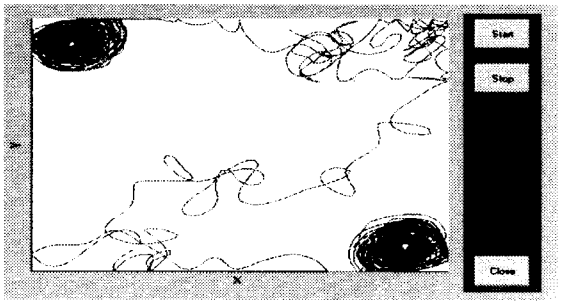

그림 5. 목표물을 가진 카오스 이동 로봇에서 목표물 집중 탐색 궤적

4.2 로렌츠 카오스 로봇에서의 목표물 탐색

그림 6-8에 로렌츠 카오스 로봇에서의 목표물 탐색 결과를 나타내었다.

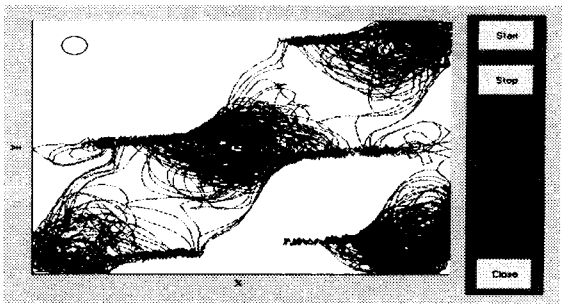

그림 6. 장해물과 목표물을 가진 카오스 이동 로봇에서 목표물 집중 탐색 궤적

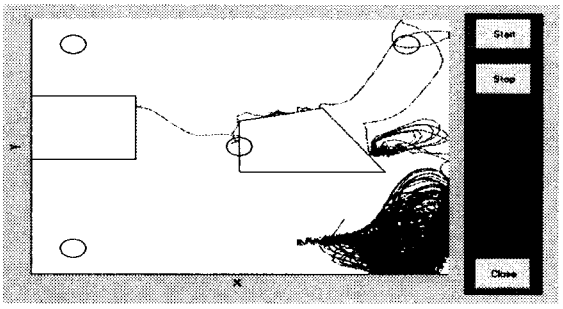

그림 7. 고정 및 은닉 장해물과 목표물을 가진 카오스 이동 로봇에서 목표물 집중 탐색 궤적

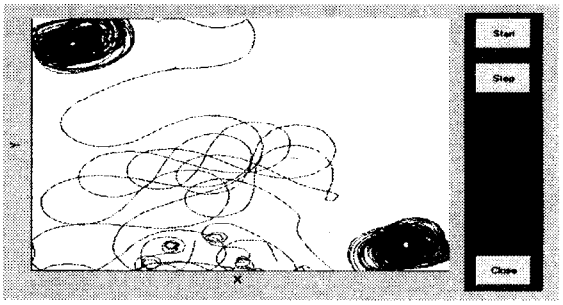

그림 8. 목표물을 가진 카오스 이동 로봇에서 목표물 집중 탐색 궤적

4.3 해밀톤 카오스 로봇에서의 목표물 탐색

그림 9-11에 해밀톤 카오스 로봇에서의 목표물 탐색 결과를 나타내었다.

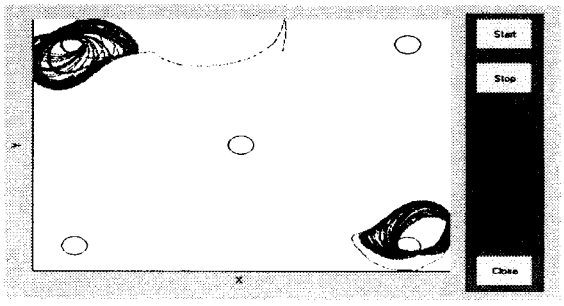

그림 9. 장해물과 목표물을 가진 카오스 이동 로봇에서 목표물 집중 탐색 궤적

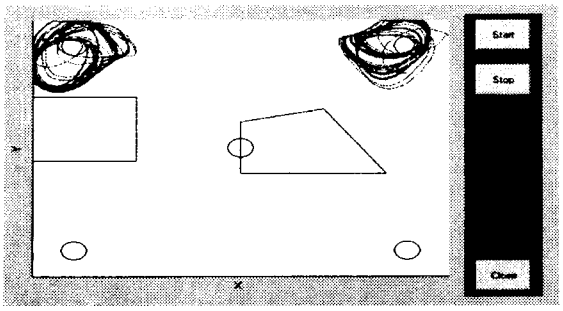

그림 10. 고정 및 은닉 장해물과 목표물을 가진 카오스 이동 로봇에서 목표물 집중 탐색 궤적

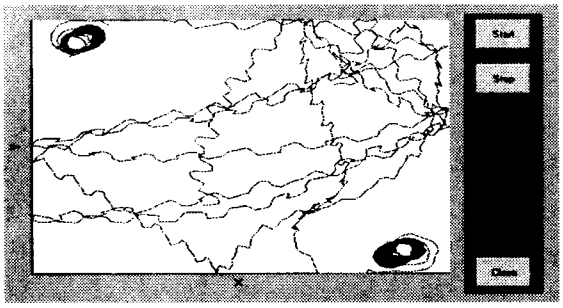

그림 11. 목표물을 가진 카오스 이동 로봇에서 목표물 집중 탐색 궤적

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 하이퍼카오스, 로렌츠, 해밀톤 방정식과 같은 여러 종류의 카오스 회로를 이동 로봇에 내장하여 카오스 이동 로봇을 구성하고 이 카오스 이동 로봇이 어느 임의 평면을 카오스 궤적을 가지고 탐색하다가 목표물에 근접하거나 탐색하고자 하는 목표물이 확인되면 집중적인 탐색을 실행하는 방법을 제시하고 그 결과를 검증하였다. 만족할 만한 결과를 얻었다. 앞으로 소형 무인 비행체 등 다른 이동 물체에 내장하는 것이 과제로 남는다.

6. 참고문헌

[1] Yoshihiko Nakamural 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, Introdution 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, 12권 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.