

소형 카오스 무인비행체에서의 장애물 회피 및 목표물 탐색

배영철

여수대학교전자통신전기공학부

The Obstacle Avoidance and Target Searching in the Small Chaotic UAV

Youngchul Bae

Division of Electronic Communication and Electrical Engineering of Yosu Nat'l Univ.

**Abstract** - 본 논문에서는 소형 카오스 무인 비행체에서의 장애물 회피 기법과 목표물 탐지 기법을 제안하였다. 장애물은 불안정한 VDP(van der Pol) 방정식을 이용하였으며 목표물은 안정한 VDP 방정식을 이용하였다. UAV가 장애물과 목표물에 접근하게 되면 불안정 또는 안정한 VDP 방정식이 UAV를 밀어내거나 끌어들이므로서 장애물을 피해가거나 목표물 탐색할 수 있는 알고리즘을 제시하고 컴퓨터 시뮬레이션으로 그 결과를 검증하였다.

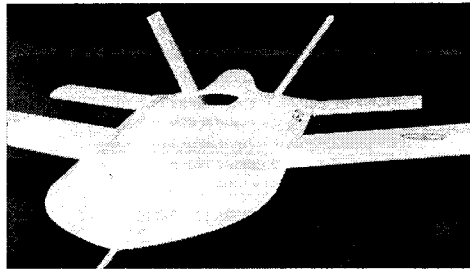


그림 1. 무인 비행체

1. 서 론

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, 배 영철[15-19] 등은 카오스 이동 로봇에서 고정 장애물뿐만 아니라 은닉 장애물과 이동 장애물이 있을 때 이를 피해가는 방법을 제시하였으나 목표물 부근과 목표물을 카오스 로봇이 집중적인 탐색을 행하는 방법에 대한 연구는 진행하지 못하였다.

본 논문에서는 다양한 로봇과 그 동적 방정식이 유사한 소형 무인 비행체[UAV]에 여러 가지 종류의 카오스 회로를 내장하고 이들이 장애물과 목표물을 만났을 때 장애물은 피해가고 목표물은 탐색하는 알고리즘을 제시하고 그 결과를 검증하였다.

2. 카오스 무인 비행체

2.1 무인 비행체

무인 비행체는 군사용으로는 탐색, 목표물 탐지 및 전투, 민수용으로는 산발 방지 및 이동 물체 탐지 등 그 이용분야가 점점 커져가고 있다. 특히 현대전에서 인명의 피해를 줄이기 위하여 많은 연구 기관과 국가들은 무인 비행체 개발에 심혈을 기울이고 있다. 그림 1에 무인 비행체의 한 종류를 나타내었다.

무인 비행체의 수학적 모델은 그 형태와 모양에 따라 여러 가지로 표현할 수 있으나 간단하면서도 일반적인 수학적 모델을 설계하기 위하여 무인 비행체가 방위(heading)와 마하(mach)를 일정하게 유지하는 표준 자동조종장치(standard autopilot)를 가진다고 가정한다. 중요한 문제에 초점을 맞추기 위하여 고도를 일정하게 유지하고 있다고 가정한다.  $(x, y), \psi, \nu$ 를 무인 비행체의 관성 위치, 방위각, 속도를 각각 표시하면 무인 비행체의 동역학 방정식은 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \dot{x} &= \nu \cos(\psi) \\ \dot{y} &= \nu \sin(\psi) \\ \dot{\psi} &= \alpha_c (\zeta - \psi) \\ \dot{\nu} &= \alpha_v (\nu - \nu) \end{aligned} \quad (1)$$

여기서  $\psi^c$ 와  $\nu^c$ 는 로봇의 자동 조정 장치의 명령 방위각과 속도를 나타내며,  $\alpha_c, \alpha_v$ 는 양의 정수 값이다.  $\alpha_v$ 를  $\alpha_c$ 에 비교하여 크다고 가정하면 식(1)은 식(2)와 같이 간단하게 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} \dot{x} &= \nu \cos(\psi) \\ \dot{y} &= \nu \sin(\psi) \\ \dot{\psi} &= \alpha_c (\zeta - \psi) \end{aligned} \quad (2)$$

$\psi^c = \psi + (1/\alpha_c)u$ 와  $\nu^c \approx \nu$ 라 놓으면 식(2)는 식(3)과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} \dot{x} &= \nu \cos(\psi) \\ \dot{y} &= \nu \sin(\psi) \\ \dot{\psi} &= u \end{aligned} \quad (3)$$

식(3)을 다시 쓰면 식(4)와 같이 표현되며 식(4)는 식(5)의 이동 로봇의 운동 방정식과 동일함을 확인할 수 있다.

$$\begin{pmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\psi} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & 0 \\ \sin \theta & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v \\ w \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$\begin{pmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & 0 \\ \sin \theta & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v \\ w \end{pmatrix} \quad (5)$$

## 2.2 Arnold 방정식

Arnold 방정식을 이용하면 식(6)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{pmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A \sin x_3 + C \cos x_2 \\ B \sin x_1 + A \cos x_3 \\ C \sin x_2 + B \cos x_1 \end{pmatrix} \quad (6)$$

여기서, A, B, C는 상수들이다.

## 2.3 Arnold 방정식을 UAV에 내장

UAV 속에 Arnold 방정식을 내장하기 위하여 다음과 같은 상태 변수를 이용하여 정의하였다.

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= D\dot{y} + C \cos x_2 \\ \dot{x}_2 &= D\dot{x} + B \sin x_1 \\ \dot{x}_3 &= \theta \end{aligned} \quad (7)$$

여기서 B, C, D는 상수이다.

식(4)를 식(7)에 대입하면 식(8)과 같은  $x_1, x_2, x_3$ 의 상태 방정식을 얻는다.

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= Dv + C \cos x_2 \\ \dot{x}_2 &= Dv + B \sin x_1 \\ \dot{x}_3 &= w \end{aligned} \quad (8)$$

입력을 식 (9)와 같이 설계하면

$$\begin{aligned} v &= \frac{A}{D} \\ w &= C \sin x_2 + B \cos x_1 \end{aligned} \quad (9)$$

결론적으로 UAV의 상태 방정식은 식(10)과 같이 된다.

$$\begin{pmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{x} \\ \dot{y} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A \sin x_3 + C \cos x_2 \\ B \sin x_1 + A \cos x_3 \\ C \sin x_2 + B \cos x_1 \\ v \cos x_3 \\ v \sin x_3 \end{pmatrix} \quad (10)$$

식(10)는 Arnold 방정식을 포함한다.

## 2.4 장애물과 목표물

UAV의 장애물을 표시하기 위하여 식(4)으로 표시하는 VDP(Van der Pol) 방정식을 이동 UAV의 장애물로 가정하였다.

$$\begin{aligned} \dot{x} &= y \\ \dot{y} &= (1 - y^2)y - x \end{aligned} \quad (11)$$

식 (11)로부터 그림 2와 같은 리미트 사이클을 얻을 수 있으며, 이 리미트 사이클을 장애물과 목표물로 가정하였다. 불안정한 리미트 사이클의 경우 장애물과 안정한 리미트 사이클의 경우 목표물로 가정하였다.

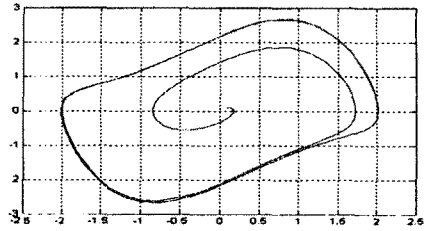


그림 2 VDP의 리미트 사이클

## 3. 장애물 회피

그림 2를 장애물로 가정하고 장애물 위 위험도에 따라서 UAV가 장애물을 회피해 갈 때 장애물의 위험도에 따라서 UAV가 접근을 통제하는 결과를 그림 3과 4에 나타내었다. 그림 3의 경우 장애물의 위험도가 적은 경우이며 보다 접근을 해서 장애물을 회피해 감을 확인할 수 있다. 그림 4의 경우 장애물의 위험도가 큰 경우로서 UAV는 장애물에서 더 멀리 떨어져 탐색해야만 함을 보여주고 있다.

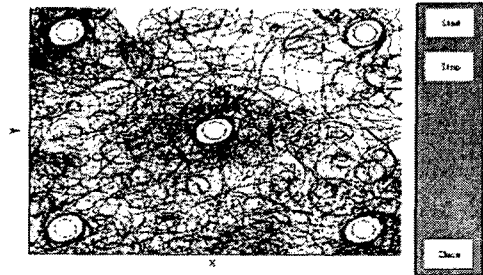


그림 3. 카오스 방정식을 내장한 위험도에 따른 무인 비행체 궤적(낮은 위험도)

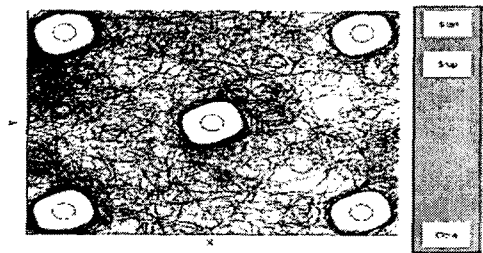


그림4. 카오스 방정식을 내장한 위험도에 따른 무인 비행체 궤적(높은 위험도)

## 4. 목표물 탐색

UAV가 탐색을 하다가 목표물이라고 인식이 되면 그 목

표물을 집중적으로 탐색하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 그림 2의 VDP 방정식을 안정한 VDP 방정식의 목표물로 가정하고 탐색한 결과를 그림 5에 나타내었다. 그림 5에서 집중적인 탐색 결과가 이루어짐을 확인할 수 있었다.

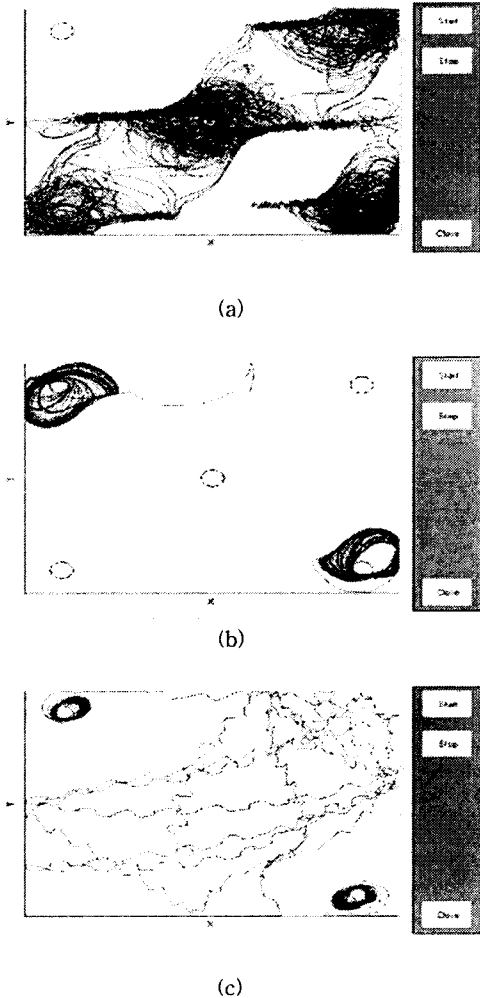


그림5. 카오스 방정식을 내장한 목표물 탐지 결과

## 5. 결 론

본 논문에서는 여러 종류의 카오스 회로를 이동 로봇에 내장하여 카오스 UAV를 구성하고 이 카오스 UAV가 어느 임의 평면을 카오스 궤적을 가지고 탐색하다가 장애물에 근접하거나 만나게 되면 이 장애물을 회피하고 목표물을 만나면 집중적인 탐색을 하는 방법을 제시하고 그 결과를 검증하였으며 만족할 만한 결과를 얻었다. 앞으로 실제 소형 무인 비행체에 이 기법을 적용하여 장애물을 회피하고 집중적인 탐색을 수행하는 일이 과제로 남는다.

## [참 고 문 헌]

- [1] Yoshihiko Nakamura and Akinori Sekiguchi, "The Chotic Mobil Robot", IEEE Trans. Robotics and Automation, Vol.17, No.6, pp.898-904, 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,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] I.Okamoto and H.Fuji, Nonlinear Dyamics, Iwanami Lectures of applied Mathematics (in Japanese) Iwanami, Tokyo, 1995, vol.14.
- [10] S.Wiggins, Introduction 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.