

카오스 로봇의 각속도 센서에 사용하기 위한 선형성을 개선한 VF(Voltage to Frequency) 컨버터

VF(Voltage to Frequency) Converter with Improved Linear Characteristic for Angular Sensor of Chaotic Robot

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

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

요 약

카오스 로봇의 하드웨어 구현에서 로봇의 차제 또는 바퀴가 정확하기 자기 위치를 인식하고 지시한 방향과 거리만큼 이동하는 것이 가장 중요하다. 이를 위해 정확한 방향을 움직일 수 있는 각속도 센서는 로봇에서 매우 중요한 위치를 차지한다. 정확한 각속도 센서를 설계하기 위해서는 정확하게 전압을 주파수로 바꾸어주는 VF(Voltage to Frequency) 컨버터의 설계가 선행되어야 하며 이를 만족하는 것으로 선형성이 보장되어야 한다. 이에 본 논문에서는 VF 컨버터에서 선형성을 개선시키기 위한 방법을 제시하고 제시한 방법을 기초로 한 VF 컨버터를 설계하였다.

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, 카오스 동기화, 비밀/암호 통신, 화학, 생물학, 로봇과 로봇에 관련된 영역과 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 [2-5] 등은 카오스 이동 로봇에서 고정 장애물뿐만 아니라 은닉 장애물과 이동 장애물이 있을 때 이를 피해가는 방법과 목표물 부근과 목표물을 카오스 로봇이 집중적인 탐색을 행하는 방법을 제시하였으며 2대 이상의 로봇이 서로 동기화 하

여 협조를 할 수 있는 방법[5] 등도 제시되어 있으며 이를 하드웨어로 실제 구현한 경우도 있었다.

카오스 로봇의 하드웨어 구현에서 로봇의 차제 또는 바퀴가 정확하기 자기 위치를 인식하고 지시한 방향과 거리만큼 이동하는 것이 가장 중요하다. 이를 위해 정확한 방향을 움직일 수 있는 각속도 센서는 로봇에서 매우 중요한 위치를 차지한다. 정확한 각속도 센서를 설계하기 위해서는 정확하게 전압을 주파수로 바꾸어주는 VF(Voltage to Frequency) 컨버터의 설계가 선행되어야 하며 이를 만족하는 것으로 선형성이 보장되어야 한다. 이에 본 논문에서는 VF 컨버터에서 선형성을 개선시키기 위한 방법을 제시하고 제시한 방법을 기초로 한 VF 컨버터를 설계 하였다.

2. 카오스 이동 로봇 방정식

2.1 이동 로봇

이동 로봇의 수학적 모델을 설계하기 위하여

그림 1에 2바퀴를 가진 이동 로봇을 가정하여 나타내었다.

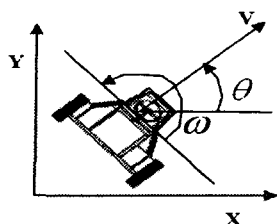


그림 1. 이동 로봇

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

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

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.

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

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.

2.3 Chua's 방정식을 이동로봇에의 내장

이동 로봇 속에 Chua's 방정식을 통합하기 위

하여 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.

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

3. 카오스 로봇 주행 알고리즘

3.1 Chua's 방정식을 이동로봇에의 내장

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

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= a(x_2 - g(x_1)) \\ \dot{x}_2 &= x_1 - x_2 + x_3 \\ x_3 &= \theta \end{aligned} \quad (7)$$

또한 입력을 다음과 같이 놓으면

$$\begin{aligned} \omega &= -\beta x_2 \\ v &= \text{arbitrary constant} \end{aligned} \quad (8)$$

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

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= a(x_2 - g(x_1)) \\ \dot{x}_2 &= x_1 - x_2 + x_3 \\ \dot{x}_3 &= -\beta x_2 \\ \dot{x} &= v \cos x_3 \\ y &= v \sin x_3 \end{aligned} \quad (9)$$

식(9)를 프로그래밍하여 마이크로프로세서에 내장하였다.

3.2 카오스 이동 로봇 경로

카오스 이동로봇에 접목될 프로그램을 이용하여

예상이동경로를 예상 그래프를 그림 2에 나타내었다.

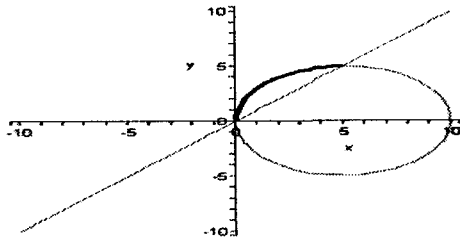


그림 2. 로봇 경로 이동 예상 그래프

4. VF 컨버터

그림 2와 같이 로봇이 경로를 가지고 자연스럽게 이동하기 위해서는 로봇 차체 또는 바퀴에서 gg 현재 자기 위치와 가고자 하는 방향의 위치를 정확하게 파악하고 있어야 한다. 이를 위해서 정확한 각속도 센서가 필요하며 정확한 각속도 센서를 설계하기 위해서는 정확하게 전압을 주파수로 바꾸어주는 VF(Voltage to Frequency) 컨버터의 설계가 선행되어야 하며 이를 만족하는 것으로 선형성이 보장되어야 한다. 이를 위해 먼저 기존의 클록제어에 의해 설계된 VF 컨버터를 살펴보고 선형성을 개선시키기 위한 노력으로 LM565CN 칩을 사용한 VF 컨버터와 ADVFC32 칩을 이용한 VF 컨버터에 대하여 설명한다.

4.1 클록 제어 VF 컨버터[6]

클록 제어 one-shot VF 컨버터의 기본적인 회로도를 그림 3에 나타내었다. 그림 2에서 one-shot 주기 M은 식(10)과 같이 정의된다.

$$M = N_1 T_c \quad (10)$$

여기서 T_c 는 시스템 클록의 주기, N_1 은 발진기 타이머 집적 회로의 적절한 출력 탭의 선택에 의해 결정된다. 저항 R_4 는 시간 M 기간 동안 V_{ref1} 에 접속되어 있으며 스위치 S1을 통하여 시간 $(T - M)$ 기간 동안 접지되어 있다. VF 컨버터의 발진 주기는 하나의 발진 주기의 C_4 에 대하여 전하 평형 방정식에 의해 식(11)과 같이 결정할 수 있다.

$$-\frac{V_t T}{R_4} + \frac{V_{ref1} M}{R_4} = 0 \quad (11)$$

식(11)의 방정식은 식(12)와 같이 정리할 수 있다.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{M} \frac{V_t}{V_{ref1}} = \frac{1}{N_1 T_c} \frac{V_t}{V_{ref1}} \quad (11)$$

발진 1주기에 대한 전하 평형은 one-shot 펄스가 오직 시스템 클록 에지 상에서 나오기 때문에 $V_{ref1} T_c / R_4$ 내의 정밀도를 가진다. 이것은 하나의 시스템 클록 주기 T_c 기간 동안 V_{ref1} 에 의해 R_4 를 통하여 수송할 수 있는 전하의 양과 동일하다. 클록제어 one-shot VF 컨버터는 비선형성이 강해 원하는 특성을 얻을 수 없었다.

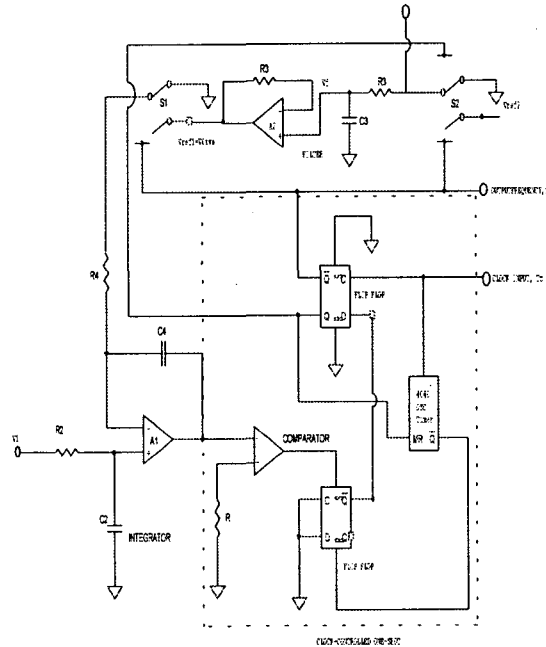


그림 3. 클록제어 one-shot VF 컨버터

4.2 LM565CN 칩을 이용한 VF 컨버터

클록제어 one-shot VF 기법에서 선형성을 개선하기 위하여 LM565CN 칩을 사용하여 개선하였다. 그림 3에 LM565CN 칩을 사용한 VF 컨버터 회로를 나타내었다. 그림 3에서의 경우도 그림 2의 경우와 마찬가지로 선형성이 크게 개선되지 않아 이를 개선하고자 C_1 이라는 캐패시터를 이용하여 회로를 보완하였으나 결과는 마찬가지였다. 그림 3에서 선형성을 더욱 개선시키기 위한 다른 방법을 모색하여야 한다.

