

점핑링 및 센서 시스템 개발과 동적 신경망 제어기 설계

박성욱* · 권기진** · 서보혁***
 구미1대학* · 경북대 센서기술연구소** · 경북대***

The Development of Jumping Ring with Sensor System and Design of Dynamic Neural Controller

Park Seong Wook* · Kwon Ki Jin** · Seo Bo Hyeok***

Abstract - We develop jumping ring system with sensor and control system using dynamic neural networks. Jumping ring, sensor and control system are controlled by 586 PC using Turbo C program. Sensor system is composed of 20 optical sensors and encoder. The control circuits are consisted of thyristor, FET and phase controller. A/D converter and optical sensor acquire real time motion data of the jumping ring system. The information of acquired jumping ring position is estimated by using dynamic neural networks. Estimated control signals are sent to control circuits and D/A converter to track desired position of the jumping ring system. Experiment results are given to verify that proposed dynamic controller is useful in real jumping ring system.

점핑링의 위치 정보는 다시 광 센서를 통하여 감지된다. 이와 같은 일련의 동작을 제작된 시스템은 실시간으로 제어가 가능하다.

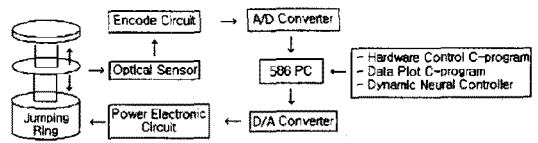


그림 1. 전체 시스템의 구성도.

1. 서 론

본 연구에서는 점핑링 시스템을 설계·제작하였고, 동적 신경망을 이용하여 시스템을 실시간으로 제어하였다. 점핑링 시스템의 위치를 광 센서 신호를 이용하여 감지하였으며, 감지된 신호를 데이터 인식 시스템과 PC를 통하여 입력받은 다음, 점핑링 시스템을 모형화하였고, 이를 동적 신경망 제어기를 이용하여 실시간 제어를 수행하였다. 신경망 제어 입력으로부터 점핑링 시스템의 모형 오차와 제어기의 제어 오차를 계산할 수 있었다. 본 연구에서 사용한 동적 신경 모형은 신경 내부의 비선형 시스템에 대한 동적 특성을 반영한 새로운 동적 신경 모형으로 실제 시스템에 실시간 제어를 수행하기 위하여 적용되었다.[1]

2. 본 론

2.1 시스템 구성

점핑링과 센서 시스템에 대한 전체 시스템에 대한 구성도를 그림 1에 나타내었다. 점핑링은 코일에 인가된 전압에 의해 발생한 자속에 의해 점핑링이 부상하게 되며, 부상시키는 위치의 제어는 전력 전자 회로부에서 전압을 제어한다. 부상된 점핑링의 위치에 대한 정보는 광 센서부에서 감지를 하며, 감지된 신호는 인코더 회로부에서 위치에 대한 전압값으로 변환되며, 이 변환된 전압은 A/D 변환기에 의해 디지털 신호로 변환된다. 펜티엄 PC에서 이 디지털 정보를 분석하여 이를 그래프로 나타내고 동적 신경망 제어기를 사용하여 목표위치 제어신호를 D/A 변환기를 통하여 디지털 정보를 출력한다. 이 신경망 제어기는 전력 전자 회로부에서 전압을 조절하여 점핑링의 위치를 제어한다. 그리고, 제어된

2.1.1 센서 시스템

점핑링의 위치를 감지하기 위해서 광센서를 사용하였다. 광 센서는 투과광 방식의 포토 인터럽터(Model: P801A)를 20개 사용하였다. 포토 인터럽터를 일렬로 배열시킨 다음(높이 12cm), 점핑링의 끝부분에 광을 차단할 수 있도록 설계하여 광이 차단되는 지점의 포토 인터럽터의 전압을 측정하였다. 포토 인터럽터의 광원으로는 외부의 외관광 영향을 줄이기 위하여 적외광 LED와 수광부로는 포토 트랜지스터가 내장된 것을 사용하였다. 각각에 대한 광 센서의 출력을 인코더 회로에 입력시켜 높이에 따른 출력 전압값을 단계적으로 출력할 수 있도록 설계하였다. 이 출력 전압값은 A/D 변환기를 거쳐 디지털 값으로 변환되어 PC에 입력된다.

2.1.2 데이터 인식 시스템

광 센서의 출력 전압값인 점핑링의 위치 정보를 PC에서 분석하기 위하여 아날로그 전압값을 디지털 정보로 변환시켰다. 데이터 인식 시스템을 구성하기 위하여 회로를 구성하고 제작하였다. 제작에 사용된 A/D 변환기는 12비트, 8CH 입력, 변환시간 10 μ s, 비교속차형 A/D 변환기(Model: MAX180ACPL)를 사용하였고, 데이터 입력을 위하여 PPI 8255 IC를 인터페이스 소자로 이용하였다. 변환된 디지털 정보는 PC의 확장 슬롯을 통하여 입력받았다. 그리고, 하드웨어 시스템을 제어하기 위한 프로그램을 C-프로그램으로 작성하였다. 감지된 정보와 동적 신경망 제어기의 추적 상태를 화면에 그래프로 표시하기 위한 프로그램도 C-프로그램을 이용하여 작성하였다.

2.1.3 전력 전자 회로 시스템

점핑링을 부상시키기 위하여 SCR을 사용한 위상 제어 방식을 사용하였다. PC에서 해석된 동적 신경망 제어기의 출력된 정보는 PC의 프린터 포트를 통하여 출력된다. 출력된 디지털 정보는 D/A 변환기(DAC0800)를 거쳐 아날로그 전압값으로 변환된다. 이 전압값을 위상

제어 IC(TCA785)에 입력시켜 점핑링 시스템에 인가하고자 하는 전압의 위상을 제어한다. 이렇게 제어된 신호는 FET(IRF840)와 SCR(5610L)에 인가되어 점핑링에 인가되는 AC 220V 전압의 위상을 제어시켜 점핑링의 높이를 제어하게 된다. 그리고, 점핑링의 위치 정보는 다시 광 센서를 통하여 감지된다.

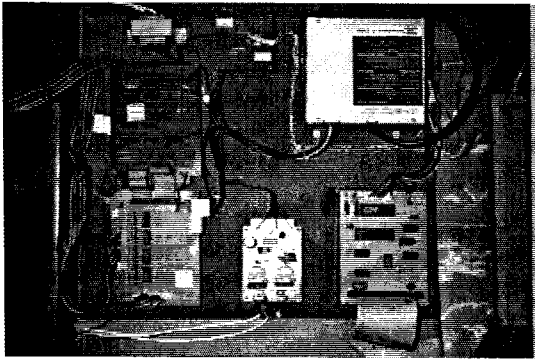


그림 3. 센서회로와 제어회로.

2.1.4 점핑링 시스템

점핑링 시스템은 알루미늄 재질의 점핑링과 자계를 발생시키기 위한 코일로 구성되어 있다. 그림 3은 점핑링 시스템의 구성도를 나타낸 것이다. 단상 AC 220V를 코일단에 인가하면, 포غن 철판으로 구성된 막대모양의 철심에 삽입된 알루미늄 점핑링이 부상한다. 인가되는 전원 전압값에 의해 알루미늄 링은 적당한 위치에서 미진동하면서 정지한다. 인가되는 전원 전압의 제어는 전력 전자 회로 시스템에서 발생시켜 점핑링을 제어하고자 하는 위치에 위치시킨다. 작동 원리는 코일에 인가된 교류의 자속 밀도 B_r 에 의해 알루미늄 점핑링에 와전류 i_r 가 발생하며, 플레밍의 왼손법칙에 의해 위쪽(Z축)으로 추력(F)이 작용하여 링이 부상하게 된다.[2]

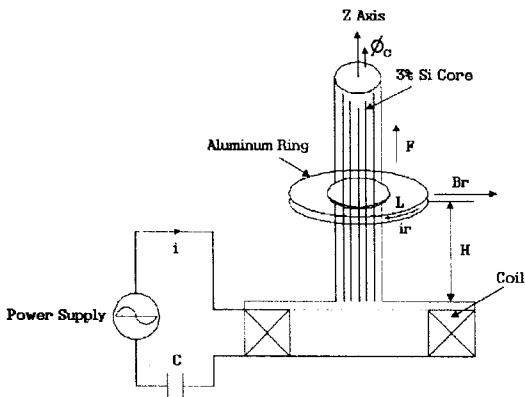


그림 3. 점핑링 시스템의 구성도.

사용된 점핑링의 사양은 지름 21.5cm, 안지름 5.5cm, 두께 4mm, 무게 92g의 알루미늄 재질의 원판 모양을 사용하였다. 코일단의 사양은 저항률 2.86Ω, 인덕턴스 0.13H(60Hz), 임피던스 49Ω(60Hz), 인가 전압 AC 220V, 지름 22cm, 높이 9cm의 원형 모양의 코일을 제작하였다. 원형 막대 모양의 코어단의 사양은 지름 5cm, 높이 22cm의 3% 규소 강판을 적층하여 사용하였다.

2.2 점핑링 시스템 모형화

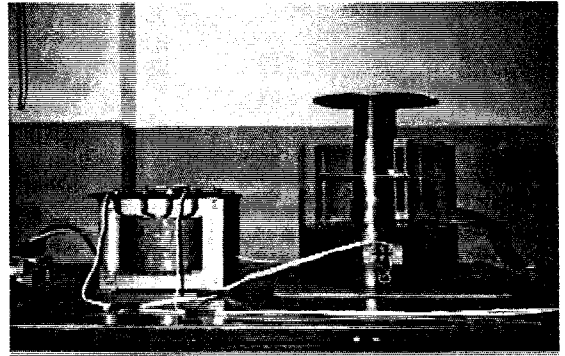


그림 4. 제작된 점핑링 시스템.

컴퓨터 프로그램으로 점핑링 시스템에 입력신호를 인가하여 출력신호의 변화를 관측하여 입·출력정보로부터 점핑링 시스템을 모형화할 수 있다. 전원을 공급하면 점핑링 시스템에 유도되는 추력은 시스템에 흐르는 전류와 부상된 링에 대한 코일에 인덕턴스 변화로 표현된다.

$$F = \frac{i^2}{2} \frac{dL}{dz} \quad (1)$$

본 연구에서 입출력 실선정보를 이용하여 시스템을 모형화하였다.

$$F = a u_k^2 \times [b + (y_k - y_{k-1})] \quad (2)$$

식(2)에서 $a=0.419$, $b=1.445$ 를 비선형 회귀방정식으로 a, b 의 계수를 구하였다. 여기서 u_k 는 시스템의 높이를 제어하는 신호로 동적 신경망을 사용하여 실시간으로 구해지며 y_k 는 링의 높이로 링의 변화량을 관측하여 인덕턴스의 변화를 나타내었다. 점핑링 시스템의 입출력 실선 정보를 그림 5에 나타내었다.

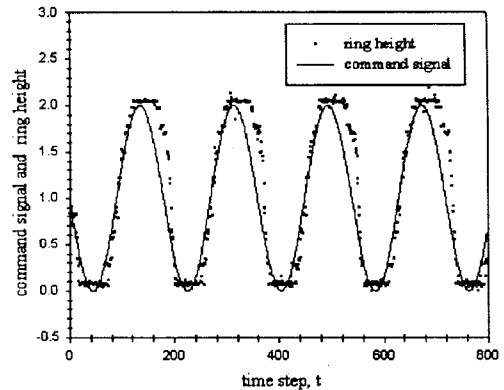


그림 5. 입력신호와 링의 위치

2.3 동적 신경망 제어기 설계

동적 신경망의 구조는 두 개의 지연요소와 전향 가중치와 케환 가중치로 구성된다.[3] 이 구조는 2차 동적 요소를 포함하므로 식(3)과 같은 차분 방정식으로 표현된다.

$$v_k = g_4 s_{1k} - g_3 s_{2k} + d_0 x_k \quad (3)$$

$$\begin{bmatrix} s_{1k+1} \\ s_{2k+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -g_1 & -g_2 \\ g_2 & -g_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_{1k} \\ s_{2k} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} g_3 \\ g_4 \end{bmatrix} x(k) \quad (4)$$

$$u_k = \Psi(g \cdot v_k - \theta) \quad (5)$$

여기서 $x_k \in R^n$ 은 외부 동적 신경으로 부터의 입력 $v_k \in R^1$ 은 동적 신경의 내부 포텐셜로 입력신호의 총합이다. $u_k \in R^1$ 은 동적 신경의 출력으로 제어신호를 나타낸다. 동적 신경망 제어를 사용하여 시스템을 제어하는 구조는 그림 6에 나타내었다. 신경망 제어를 점핑링 시스템에 적용한 결과를 그림 7에 나타내었다.

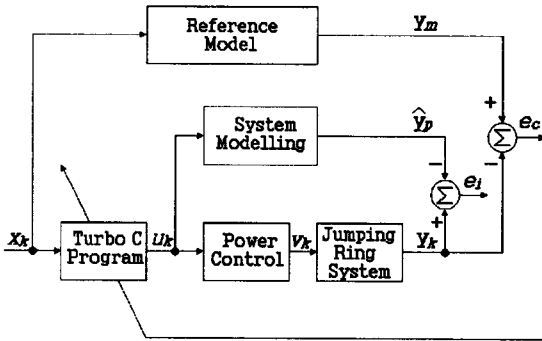


그림 6. 점핑링 시스템을 제어하는 구조.

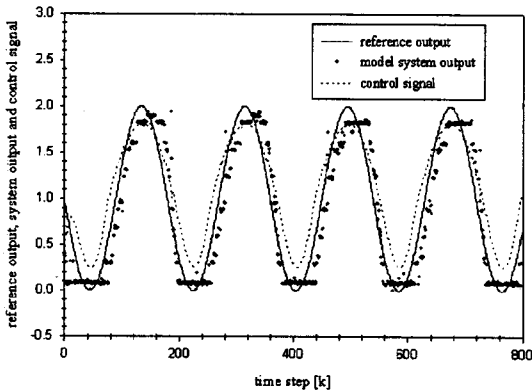


그림 7. 실선데이터를 이용한 점핑링 시스템 제어.

3. 실험 결과 및 검토

실험에서 사용된 입력신호와 기준출력 신호는 아래와 같다.

$$x_k = \sin\left(\frac{\pi}{90} k\right) \quad (6)$$

$$y_m = 2 - x_k = 2 - \sin\left(\frac{\pi}{90} k\right) \quad (7)$$

입력신호에 대한 기준 출력신호는 [0~2]사이의 sin파형으로 점핑링 시스템의 부상된 위치를 나타내고 이 신호를 그림으로 도시하면 그림 7의 실선 데이터와 같다. 그림 7로부터 점핑링 제어시의 시스템 모형화에 필요한 계수 $a=0.1824$, $b=3.082$ 를 구하였다. 동적 신경을 사용하여 제어를 구성하여 시스템을 온라인으로 제어한 결과 기준출력을 원하는 만큼 추종함을 알 수 있었고 그 결과를 그림 8-9에 나타내었다. 그림 8는 시스템 모형화하여 구한 \hat{y}_p 를 나타낸 것이고 그림 9는 실제 시스템의 출력과 그 때의 신경망 제어기의 제어신호를 나타낸다. 센서를 통해 얻은 링의 위치가 8단계의 값을 가지고 있기 때문에 실제 출력을 연속적으로 추정하지 못하였으며, A/D 컨버터로 데이터를 변환하는데 입력측의 노이즈가 포함되어 있음을 알 수 있었다.

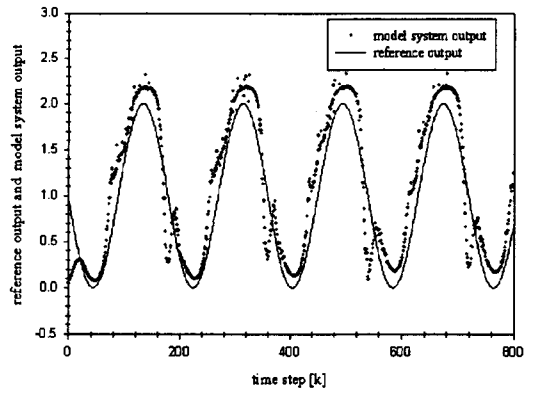


그림 8. 기준출력과 시스템 모형화 출력.

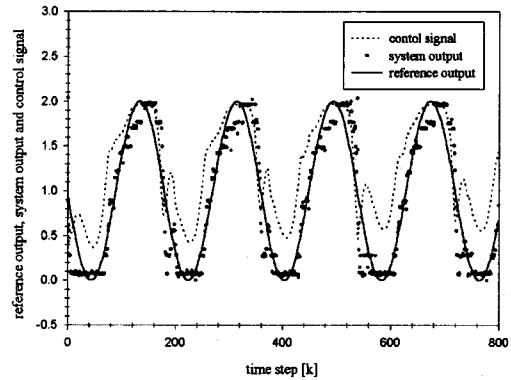


그림 9. 기준 출력, 제어 신호 및 시스템 출력 파형.

4. 결 론

동적 신경망 제어를 실제 시스템에 적용하기 위하여 점핑링 시스템, 센서 시스템, 데이터 인식 시스템을 제작하여 C-프로그램으로 실시간 제어를 수행하였다. 제작된 시스템은 실시간으로 동작하였으며 기준출력 신호를 안정하게 추정하였다.

새로운 동적 신경망을 사용하여 점핑링 시스템에 적용하여 얻은 결론을 요약하면 다음과 같다. 첫째, 제안된 동적 신경망을 실제 시스템에 적용하여 제안된 신경 모형의 효용성을 입증하였다. 둘째, 온 라인 제어를 통해 실시간 신경망 제어를 구현하였다. 셋째로 실시간으로 얻은 입출력 정보를 가지고 점핑링 시스템을 비선형 모형화하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] 박성욱, 서보혁, "동적 신경망을 이용한 비선형 다변수 시스템의 제어기 설계", 대한전기학회논문지, 46권, 12호, pp.1818-1824, 1997.
- [2] 山田一, "리니어 모터의 응용 기술", 實數出版, pp.84-85, 1972.
- [3] M. M. Gupta and D. H. Rao, "Dynamic Neural Units With Applications to the Control of Unknown Nonlinear System", *The Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, Vol. 1, pp.73-92, Jan., 1990.