고가사다리차 플랫폼 자동이송 제어 알고리즘

정 성 태, 이 상 설, 심 현 진, 이 환 우, 최 갑 수, 이 지 근
원광대학교 전기 • 전자 • 정보통신 공학부
전화 : 063-850-6886

An Algorithm for the Automatic Movement Control of the Platform on a Ladder Lift

Sung-Tae Jung, Sang-Seol Lee, Hyun-Jin Shim, Hwan-Woo Lee
Gab-Su Choi, Chi-Geun Lee
Division of Electric, Electronic and Information Wonkwang University
E-mail : stjung@wonkwang.ac.kr

Abstract

In this paper, an algorithm is proposed for the automatic movement of the platform on a ladder lift which operates by using hydraulic force. Experimental data of the manual movement operated by experts are acquired and analyzed. The length of movement of the platform is estimated by the number of pulses from an encoder while the platform is moving. The operating characteristics have been extracted from the data. The number of pulses varies whenever the weight of load varies. We propose a model to compensate the difference of the number of pulses. An automatic movement algorithm based on the model is proposed. The platform can start and stop smoothly at the starting point and the destination point. Experimental results show that the error distance at the destination point is less than 5 cm when the length of the ladder is 23 m.

Ⅰ.서론

현재 고가 사다리 차의 플랫폼 동작은 사용자의 수동 제어에 의해 이루어지고 있다. 이는 사용자가 플랫폼의 움직임과 목적지를 육안으로 계속 주시하며 운전을 해야하는 불편함이 있을 수 있다. 또한 플랫폼이 수십 미터 떨어져 있을 경우 사용자는 정확한 목적지를 파악할 수 없다는 단점을 지니기도 한다. 그러므로 숙련된 기술자가 아닌 이상 여러 번의 시행착오를 거쳐야 하며, 위험의 소지가 증가한다. 따라서 자동제어에 의한 안정적인 플랫폼의 이송기능을 갖는 제어기에 대한 연구가 필요하다.

자동제어의 기능을 실현하기 위해서는 본체의 유압펌프의 밸브와 가속기에 대한 자동제어 시스템이 개발되어야 하고 또한 이를 제어하기 위한 알고리즘의 개발이 필요하다. 이 논문에 사용된 유압펌프 밸브는 PVG32이고 이 밸브는 부하에 대한 영향이 적은 비례밸브로서 전압인가에 의한 유압밸브의 개폐로 유압에 대한 제어 역할을 수행한다.[1][3]

플랫폼의 유연한 자동 이송을 제어하기 위해서는 플랫폼의 위치와 속도를 파악할 수 있는 데이터가 필요하다. 위치데이터를 취득하기 위해서 플랫폼의 출발지와 목적지에 센서를 부착했고 속도데이터를 취득하기 위해서 모터에 엔코더를 설치했다. 이들 데이터를 바탕으로 플랫폼의 동작에 관한 모델을 만들었다.

본 논문에서는 여러 가지 원인에 의한 오차 발생을 보상하는 알고리즘을 구현함으로써 플랫폼 이동시에 정확한 위치를 제어 할 수 있었다. 그리고 주어진 데

이터의 값으로부터, 그 값들 사이의 정보를 유추하는 수치적인 방법인 보간 법을 사용하여 플랫폼의 위치에 따른 전압 값을 유추해 출력함으로써 플랫폼의 부드러운 움직임을 구현했고, 또한 플랫폼 움직임에 따른 상태를 구분하여 속도를 제어해 줌으로써 목적지까지 정확히 도착할 수 있는 시스템을 개발하였다.[2] 이 논문에서는 개략적인 시스템 구조와 알고리즘에 대해서 서술하고 있다. 다음 2장에서는 시스템의 구조에 대해서 설명하고, 3장에서는 알고리즘에 대해서, 4장에서는 실험 결과에 대해서 서술한다.

Ⅱ.시스템

2-1. 시스템의 구조

플랫폼 자동이송장치의 시스템은 크게 4 부분으로 구성되어 있다. 그림 1은 시스템 구성의 개요도 이다.

첫째, 데이터 입력부는 데이터를 취득하기 위한 센서들과 사용자의 명령을 받아들이는 부분으로 구성되어 있다.

둘째, 연산 부는 MCU와 FPGA로 구성되어 있다. MCU에서는 입력부 에서 들어온 데이터를 가지고 플랫폼의 위치와 속도 등 을 파악 할 수 있다. FPGA는 MCU와 연결되어있어 MCU의 명령에 따라 메모리를 읽고 쓸 수 있다. 동시에 입력 부의 엔코더, 리미트 스위치로부터 데이터를 50ns 마다 취득하고 이 정보를 10ms 마다 메모리에 기록한다.

셋째, MCU에 의해 연산된 데이터들은 DAC와 DC motor구동부로 전달된다. DAC와 DC motor 구동 부는 유압밸브와 엑츄에이터에 연결되어 있어 플랫폼의 자동이송 동작을 위한 신호를 출력 하게된다. 또한 플랫폼의 동작 상황을 LCD나 RS232를 통하여 사용자가 확인 할 수 있게 해준다.

넷째, 저장 부는 Flash memory 와 RAM으로 구성되어 있다. MCU 혹은 입력부에서 취득된 데이터는 FPGA를 통해 메모리에 저장될 수 있다. 저장된 데이터들은 플랫폼의 자동이송 동작에 사용된다.

2-2. 플랫폼의 특성

플랫폼의 자동이송제어에서는 플랫폼이 최대 속도로 이동하다가 목적지 근처에서 유연하게 감속한 후 적은 오차로 정지하는 것이 필요하다. 제어를 위해서는 유압 밸브에 인가된 전압에 따라 나타나는 플랫폼의 동작 특성을 파악해야 한다. 그림 2와 그림 3은 플랫폼의 상승과 하강의 특성 곡선을 나타낸 것이다. 이 그

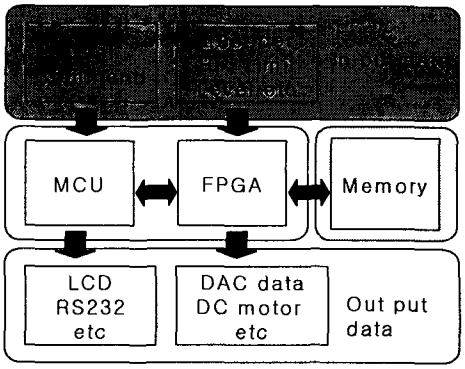

그림 1 시스템의 구성

래프에서는 2초 주기마다 밸브에 인가되는 전압을 변화시키면서 플랫폼의 이동특성을 관찰하였다. 이 그래프에서 우리는 상승동작을 할 때의 A구간, 하강동작을 할 때의 B구간에서는 레버값이 변하더라도 속도가 일정함을 관찰 할 수 있었다. 이것은 유압 모터의 속도 제어를 위한 전압의 범위를 나타낸다. 또한 인가되는 전압이 변할 경우 플랫폼은 일정시간 지연된 후 반응하는 관성도 보이고 있다.

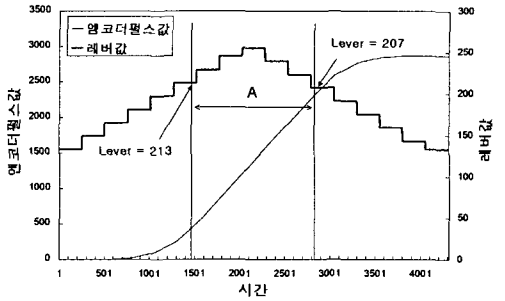

그림 2 상승 특성 곡선

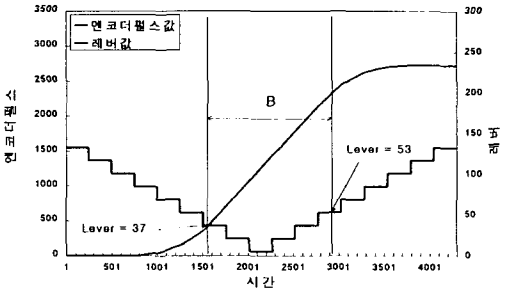

그림 3 하강 특성 곡선

Ⅲ. 알고리즘

3-1. 오차 발생요인

플랫폼의 자동이송 동작 시에는 여러 가지 원인에 의한 오차가 발생하게 된다. 이 오차들이 발생하게 되는 원인들은 다음과 같이 네 가지를 들 수 있다.

첫째, 리미트 스위치 접촉 대에 의한 펄스 오차이다. 리미트 스위치 접촉 대는 플랫폼의 중심에 고정되어 있어 플랫폼과 함께 움직인다. 이 접촉 대는 사다리에 고정된 리미트 스위치와 접촉하게 된다. 상승할 때 접촉된 플랫폼의 위치와 하강할 때 접촉된 플랫폼의 위치는 접촉대의 길이만큼 달라지는 오차가 발생하게 된다.

둘째, 부하에 의한 와이어의 길이 변화로 발생하는 펄스 오차이다. 플랫폼에 부하가 실리면 와이어의 길이는 탄성계수에 비례하여 늘어나게 된다. 그러므로 와이어의 늘어난 길이만큼 목적지에 도달하는 펄스 수가 늘어나게 되어 오차가 발생한다.

셋째, 부하가 인가되면 드럼에 와이어가 팽팽히 당겨지며 감긴다. 드럼에 감겨지는 촘촘한 정도는 무게가 무거울수록 커지며 와이어가 드럼에 위치하는 반경이 변하게 된다. 와이어는 드럼의 회전에 따라 반복되어 감겨진다. 무게에 따른 드럼에 감겨지는 와이어의 위치 변화는 오차를 발생시킨다.

넷째, 플랫폼의 출발점 변동에 의한 펄스 오차이다. 플랫폼의 출발점은 작업장소에 따라 다르다. 매 작업마다 바뀔 수 있는 시작 위치에 따라 플랫폼이 이동해야 하는 거리는 증가 혹은 감소 할 수 있다.

3-2. 오차보상 알고리즘

플랫폼 하강 시에 최 하단에 위치한 리미트 스위치에 감지되면 유선으로 제어기에 감지정보가 실시간으로 전달되어 오차 없는 정확한 정지가 가능하다.[4] 그러나. 상승 시에는 플랫폼이 이송되어야 할 길이가 드럼에 감기는 와이어에 의한 엔코더 펄스를 기준으로 계산되기 때문에 위에서 언급된 오차가 보상되어야 한다.

네 가지의 원인에 의한 오차는 오차 보상알고리즘을 통해 보상을 해주었다. 리미트 접촉 대에 의한 오차는 접촉대의 길이가 2D라 하면 하강할 때 접촉 대에 의해 생기는 오차는 D가 되고 다시 상승할 때 생기는 오차가 D가 되므로 2D인 접촉대 길이 만큼의 오차가 생기게 된다. 부하에 의한 와이어의 길이 변화에 대한 펄스 오차는

$$y = k \cdot x \qquad \cdots 식\ 1$$

y : 와이어의 늘어난 길이
k : 와이어의 탄성계수
x : 부하에 의해 인가된 힘

이다. 목적지 도착에 필요한 펄스 수는 늘어난 길이 y 만큼 증가하게 된다. 부하가 인가되면서 드럼에 와이어가 팽팽히 당겨지며 상승할 때 생기는 펄스의 오차는 부하의 무게에 비례해서 증가하게 된다. 이 오차를 보정하기 위하여 실험을 통해 무게 변화에 따라 증가하는 펄스의 비례계수를 추출하였다. 이 비례계수는 와이어의 재질과 직경에 따라 다르게 나타난다. 실험 차량의 경우에 비례계수는 부하에 의해 늘어나는 탄성계수의 1/2 이 적당했다. 플랫폼의 출발점의 변동에 의한 펄스 오차는 플랫폼이 하강 동작 시 최 하단의 리미트 스위치에서 멈추었을 때부터 사용자가 수동동작으로 플랫폼을 움직인 거리를 계속 추적해서 값을 결정한다. 그러므로 오차는

$$S = \sum_{up=0} P_{up} - 2\times \sum_{down=0} P_{down} \qquad \cdots 식\ 2$$

S : 오차
P_{up} : 플랫폼이 상승한 펄스
P_{down} : 플랫폼이 하강한 펄스

가 된다.

위와 같이 네가지 경우의 오차를 구하였고 플랫폼의 상승 동작 시에 보상해야할 총 오차 펄스 수는

$$e_{pulse} = D + y + L + S \qquad \cdots 식\ 3$$

e_{pulse} : 오차에 의한 펄스의 총합
D : 접촉 대에 의한 펄스 오차
y : 부하에 의한 와이어 길이 변화에 의한 펄스 오차
L : 부하에 의해 와이어가 팽팽히 당겨지며 상승할 때 생기는 오차
S : 플랫폼 출발점의 변동에 의한 오차

이다.

3-3. 입력 레버값 연산, 속도제어 알고리즘

플랫폼을 움직이기 위해서는 수동 동작시 레바를 이용하여 ADC의 디지털 값이 결정되고 DAC를 통해 얻어진 아날로그 신호는 비례밸브를 구동시킨다. 자동동작시 플랫폼에 레버에 해당되는 디지털 값은 다음과 같은 보간 법을 이용하여 연속적인 값을 얻을 수 있다

$$P_{lever} = L_1 + \frac{L_0 - L_1}{E_1 - E_0} \times \{E_1 - ENC_R\} \cdots 식4$$

P_{lever} : 플랫폼 동작을 위해 레바에 해당 되는 디지털 값

L_0,L_1 : 직선 위의 구간 레버값

E_0,E_1 : 직선 위의 구간 엔코더값

ENC_R : 플랫폼의 현재 위치에서 목적지까지의 남은 엔코더 펄스 값

또한 부드러운 플랫폼의 움직임을 위해서는 플랫폼의 이동에 대해서 관성의 영향을 최소로 하기 위한 제어가 필요하다. 본 논문에서는 플랫폼의 움직임에 대한 과정을 4개의 단계로 구분하여 관성의 영향을 최소로 하는 움직임을 구현했다. 각 단계에서는 단계에 따른 플랫폼의 남은 거리를 계산해낸다. 그리고 보간 법에 의해 단계에 맞는 레버 값을 인가한다. 특히 3번째와 4번째의 단계에서는 실시간으로 취득되는 엔코더의 펄스 데이터를 이용하여 속도를 측정해낸다. 속도가 너무 늦거나 너무 빠를 경우 계산된 레버 값에 함수를 통해 서 일정 한 레버 값을 더하거나 빼서 좀더 세밀하게 속도를 제어하여 플랫폼을 목적지까지 정확히 이동시킨다. 오차 보상 알고리즘과 속도 제어 및 레버 값 연산 알고리즘을 실험한 결과 0Kg~ 400Kg내의 50Kg각각의 부하 무게별로 얻어진 동작 그래프는 모두 유사하게 나타났다.

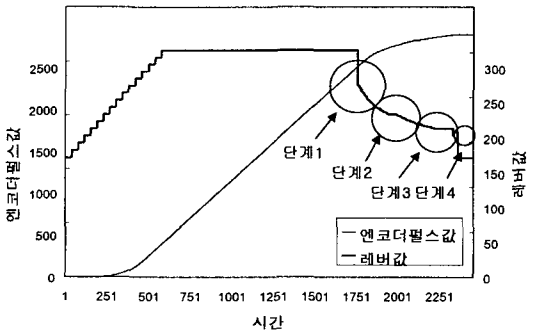

그림 6 상승 자동 동작

그림 4는 상승 자동동작의 그래프이고 그림 5는 하강 자동동작 그래프이다. 그림 4는 단계적으로 레버 값이 상승하면서 속도는 증가하게 되고 일정 레버값 이상이 되면서 일정한 속도를 유지한다. 플랫폼이 정지 할 때는 1단계에서는 레버값을 유효 레버값 까지 값을 낮추어 감속하고 2단계에서 세밀한 레버값의 인가로 완만한 감속을 유지 3단계에서는 속도가 늦은 관계로 레버값이 다시 회복되어 동작하고 4단계에서 비로소 목적지에 정지하는 것을 볼 수 있다.

그림 5 의 하강 자동동작 역시 4개 단계로 구분 지어져서 동작한다. 1단계는 레버값을 유효레버값 까지 높여 속도를 감속하고 2단계는 세밀한 레버값의 조작으로 완만한 감속 3단계에서는 속도가 늦어 다시 일정 레버 값을 더한 후 다시 속도를 제어하고 4단계에서는 목적지에 도달해서 멈추는 것을 관찰 할 수 있다.

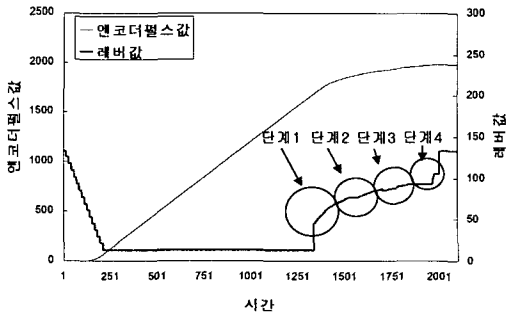

그림 7 하강 자동 동작

Ⅳ. 결론

23m 사다리 길이를 갖는 사다리차에 적용하여 실험을 실행하였다. 오차보상, 속도제어, 레버 값 연산 알고리즘을 적용시킨 후 플랫폼의 자동이송 동작을 했을 경우 상승 시에는 목적지로부터 5Cm이내의 오차가 발생했고 하강 시에는 오차 없이 목적지에서 멈출 수 있게 제어 할 수 있었다.

이 연구에서는 고가 사다리차 이송제어기 개발을 통해 기존에 수동으로 플랫폼을 제어함으로써 발생할 수 있는 불확실한 정지위치의 단점 등을 극복함으로써 작업환경개선을 통해 작업자의 생산성 증가 효과를 가져올 것이다.

Ⅴ. 참고문헌

[1] 하석홍,권기수,이진걸,"부하외란이 가해지는 전기·유압서보계의 속도 제어에 관한 연구",한국박용기관학회지,1993 v.17, n.1, pp.26-32

[2] 김종만,신도용,김형석,김성중,"실시간 보간 기능을 갖는 정보전파신경망의 개발", 대한전기학회 1998년도하계학술대회논문집 1998,07 pt.B, pp.461-464

[3] "Danfoss Load-independent Proportional valve Type PVG32 Catalogue", 1999

[4] 김학배,"실시간 시스템 및 제어 컴퓨터의 기본 특성",전기학회지 1997, 05 v.46, n.5, pp.19-27 1013-077