

Lyapunov based Model Reference Adaptive Control을 이용한 움직이는 web의 측면 위치 제어

*나창흠¹⁾, 김진욱¹⁾, 최오규¹⁾, 이진수¹⁾, 서응수²⁾

포항공과대학교 전자전기공학과, 주식회사 프로템

e-mail : {changheum, tw0822, hyh1004, js00}@postech.ac.kr, esseo2@gmail.com

Lateral Position Control of Moving Web using Lyapunov based Model Reference Adaptive Control

*Changheum Na¹⁾, Jinwook Kim¹⁾, Ohkyu Choi¹⁾, Jin S. Lee¹⁾,
Eungsoo Seo²⁾

¹⁾Department of Electronic and Electrical Engineering
Pohang University of Science and Technology

²⁾Prottem Co., Ltd

Abstract

This paper introduces a control method of Lyapunov based model reference adaptive control (MRAC) for lateral position control of moving web. This control method guarantees the stability of the system. We use the MATLAB to simulate the method. The results show that the proposed method has a better performance output than conventional PD control.

I. 서론

Web transport system에서 측면 위치 제어는 장력 제어와 함께 매우 중요한 요소이다. 측면 위치 제어나 장력 제어 중의 한 가지 제어라도 잘 수행되지 않는다면 web의 뒤틀림, 변형 등의 문제가 발생하게 된다. 이러한 문제들을 해결하기 위해서 다양한 제어 기법들을 이용한 위치 제어 방법이 제시 되었다[1]. 본 논문에서는 web guide가 있다는 조건하에 전체시스템을

Linear Time Invariant (LTI) system으로 가정하고, Lyapunov equation에 바탕을 둔 MRAC 기법을 제안한다. Web lateral dynamics를 제시하고, 입출력 관계식을 통해서 control law 와 update 룰을 소개한다. 마지막으로 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 PD controller와의 성능 비교를 한다.

II. 본론

2.1 움직이는 Web 의 lateral dynamics

움직이는 web의 lateral dynamics는 beam 이론을 이용하여 편미분 방정식으로 나타낼 수 있고[2], 그림 1의 입출력 관계를 다음과 같은 식으로 근사화 하였다.

$$\frac{Y_L(s)}{Y_O(s)} \simeq \frac{f_1(KL) + \frac{f_1(KL)}{f_2(KL)} f_3(KL)}{\tau f_2(KL)s + f_1(KL)},$$

여기서

$$f_1(KL) = \frac{(KL)^2 (\cosh(KL) - 1)}{KL \sinh(KL) + 2(1 - \cosh(KL))},$$

$$f_2(KL) = \frac{KL(KL \cosh(KL) - \sinh(KL))}{KL \sinh(KL) + 2(1 - \cosh(KL))},$$

$$f_3(KL) = \frac{KL(\sinh(KL) - KL)}{KL\sinh(KL) + 2(1 - \cosh(KL))}$$

우리는 다음의 reference 모델을 사용 하였다.

$$\frac{Y_L(s)}{Y_O(s)} = \frac{1}{\tau s + 1}$$

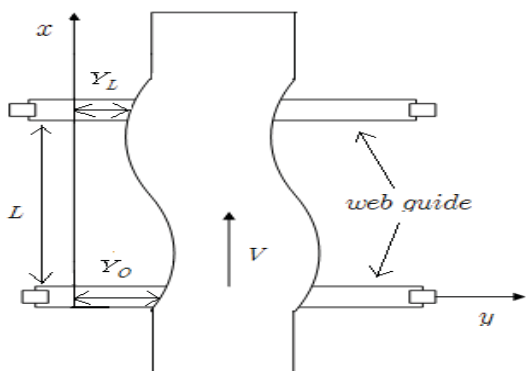


그림 1. 움직이는 web의 측면 위치 이동.

2.2 Control law와 update 룰

Lyapunov based MRAC를 적용한 update 룰[3]은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} u(t) &= k_p(y_r(t) - y_L(t)) - k_d \dot{y}_L(t), \\ \dot{k}_p &= -\gamma_1(p_{21}y_e(t) + p_{22}\dot{y}_e(t))(y_L(t) - y_r(t)), \\ \dot{k}_d &= -\gamma_2(p_{21}y_e(t) + p_{22}\dot{y}_e(t))\dot{y}_L(t), \\ y_e(t) &= y_m(t) - y_L(t), \\ \dot{y}_e(t) &= A_m y_e + (A_m - A_c)y_L + (B_m - B_c)y_r, \\ \dot{Y}_m &= A_m Y_m + B_m Y_r, Y_m = [y_m, \dot{y}_m]^T, \\ \dot{Y}_l &= A_c Y_l + B_c Y_r, Y_l = [y_l, \dot{y}_l]^T, \end{aligned}$$

여기서 $y_r(t)$ 은 reference input, $y_l(t)$ 은 plant output, $y_m(t)$ 은 model output을 나타낸다.

$$\begin{aligned} A_m &= \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{Vb_m}{a_m L} & -\frac{a_m V + b_m L}{a_m L} \end{bmatrix}, B_m = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{b_m c_m V}{a_m L} \end{bmatrix}, \\ A_c &= \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{f_1 b_p + Z_1}{a_p \tau f_2} & -\frac{b_p c_p \tau f_2 + f_1 a_p + Z_1 k_d}{a_p \tau f_2} \end{bmatrix}, B_c = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{Z_1 k_p}{a_p \tau f_2} \end{bmatrix}. \end{aligned}$$

여기서 $Z_1 = a_m V + b_m L$, a_m, b_m 은 model motor constant, c_m 은 model constant을 나타내고, a_p, b_p 는 plant motor constant, c_p 는 plant constant을 나타낸다.

III. 구현

사용된 parameter 값은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} k_p &= 10, k_d = 3, L = 5 [m], V = 10 [m/s], \\ a_m &= 1, b_m = 2, c_m = 2, a_p = 3, b_p = 1, c_p = 3. \end{aligned}$$

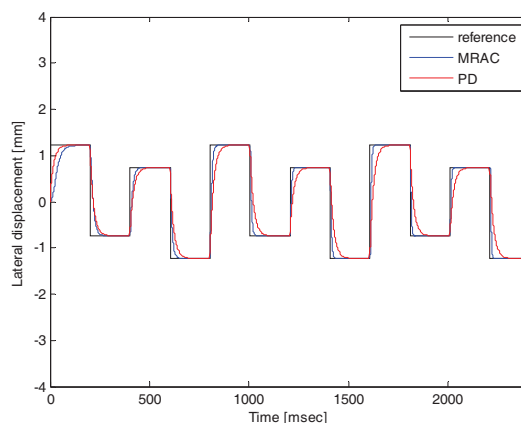


그림 2. Lyapunov based MRAC와 PD control을 이용한 시스템 출력 비교.

그림 2는 시간이 경과할수록 Lyapunov based MRAC을 이용한 시스템 출력은 오버슈트가 거의 없고, rising time과 settling time도 PD controller 보다 더 짧음을 보여준다

IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 web transport system에서 중요한 요소인 측면 위치 제어 방법을 위해 Lyapunov based MRAC를 제안하였다. Roller와 roller 사이에 web guide가 있다는 조건하에 시스템을 LTI로 가정하고 Lyapunov based MRAC를 적용하였다. 시뮬레이션 결과는 제안된 알고리즘이 효과적으로 동작하고 있음을 보여주고 있다.

ACKNOWLEDGEMENT

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음.

(NIPA-2010-(C1090-1021-0006))

참고문헌

- [1] Aravind Seshadri, Prabhakar R. Pagilla, "Optimal Web Guiding," J. Dyn. Sys., Meas., Control, Vol.132, Issue 1.011006, January 2010.
- [2] Shelton, J.J., "Lateral Dynamics of a Moving Web," Ph.D thesis, Oklahoma State University, Stillwater, OK, 1968.
- [3] Kevin M. Passino, Stephen Yurkovich, "Fuzzy Control," Addison-Wesley pp. 334-346, 1998.