과도상태에서의 경사송출 시스템의 장력제어에 관한 연구

허 유, 장 승 호, 문 승 룡, 이 석 규*, 이 재 원**, 박 정 일***

경희대학교 공과대학 섬유공학과
영남대학교 공과대학 섬유공학과*
영남대학교 공과대학 기계공학과**
영남대학교 공과대학 전자공학과***

1.서론

제직공정은 개구, 위입, 바디침의 주운동과 송출, 권취 등의 보조운동에 의해 이루어진다. 지금까지 직기개발은 새로운 위입시스템의 개발에 따른 생산속도에 증가에 그 목적이 있었으며, 이에 따라 직기 각 구성요소들의 기능의 안정성과 동작의 정확성에 대한 요구가 크게 증가되었다. 특히 직기의 과도상태에서 발생하는 직물결함의 방지를 위해서는 위사의 공급에 따라 권취에 대응하여 일정한 장력을 유지하며 일정량의 경사를 정확히 공급할 수 있는 송출시스템이 필요하다. 따라서 근자에는 경사장력제어형 경사송출장치의 응용이 크게 대두되고 있다. 본 연구에서는 과도상태에서의 경사송출시스템의 장력제어에 관한 연구를 위하여 실험용 소형 소폭직기와 분리구동형 송출장치를 이용한 제직 시스템을 구축하였으며, 각 구간별 동특성을 실험적으로 파악하고 feedforward control을 이용한 직기의 과도상태제어를 시뮬레이션 해보았다. 또한 시뮬레이션 결과 얻어진 최적의 control parameter를 실제시스템에 적용하였다. 이와같이 구성된 제직시스템의 제어성능은 일정한 장력을 유지함으로써 얻을 수 있는 위사밀도의 균제도로 평가될 수 있다. 이를 위해 본 연구에서는 위사밀도를 기초로 한 간접적인 평가기준을 마련하였다.

2.시뮬레이션

본 연구에서는 Fig.1과같이 단순화된 web wind 공정을 대상으로 실험적으로 얻은 시스테의 동특성을 이용하여 이를 시뮬레이션 하였다. Fig.2은 제어시스템의 Block daigram을 나타낸다. 이미알려진 바와 같이

$$G_p(s) = \frac{a}{s} \qquad a : 0.515$$

$$G_n(s) = \frac{b}{s} \qquad b : 0.38$$

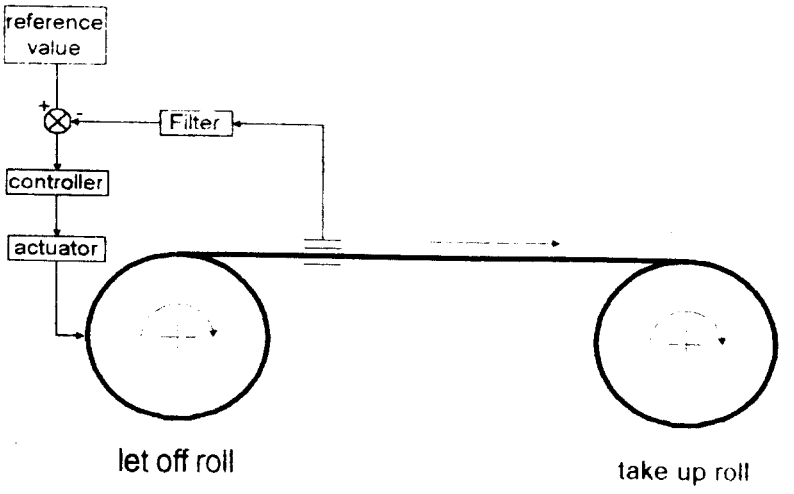

Fig.1 Schematc of web winding process

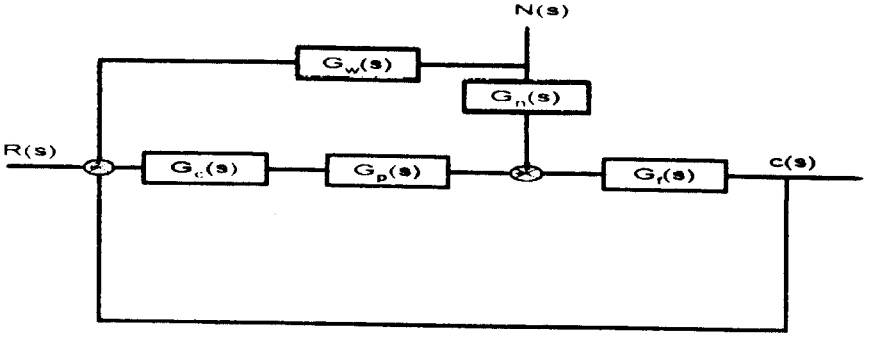

Fig.2 Block diagram of the control system

$G_c(s) = K$	P-controller
$G_f(s) = \frac{1}{2.2s+1}$	low-pass filter
$R(s)$	Reference tension
$C(s)$	Output tension
$N(s)$	Disturbance

로 주어진다. $G_c(s)$는 controller의 전달함수를 나타내며, $G_p(s)$와 $G_n(s)$는 송출장치-경사장력, 권취부-경사장력구간의 전달함수를 나타내는 것으로 이는 실험적으로 구한 값이다. $G_f(s)$는 유효 경사장력만을 여과하기위한 filter의 전달함수를 나타내며, $G_w(s)$는 직기의 과도상태에서

외부교란을 보상하기 위한 feedforward controller의 전달함수로 다음과 같이 구할수 있다. 즉 식 (1)과 식 (2)는 각각 출력과 ERROR을 나타내므로

$$C(s) = E(s)G_c(s)G_p(s)G_f(s) + N(s)G_n(s)G_f(s) \quad (1)$$

$$E(s) = R(s) - C(s) + N(s)G_w(s) \quad (2)$$

식 (2)를 식(1)에 대입하면

$$\begin{aligned} C(s) &= [R(s) - C(s) + N(s)G_w(s)]G_c(s)G_p(s)G_f(s) + N(s)G_n(s)G_f(s) \quad (3) \\ &= N(s)[G_w(s)G_c(s)G_p(s)G_f(s) + G_n(s)G_f(s)] + [R(s) - C(s)]G_c(s)G_p(s)G_f(s) \end{aligned}$$

식 (3)과같이 나타낼수있으며, 제어변수 C(s)가 외부교란 N(s)로부터 영향받는 것을 최소화하기 위하여는

$$G_w(s)G_c(s)G_p(s)G_f(s) + G_n(s)G_f(s) = 0 \quad (4)$$

이어야 하므로 Gw(s)는

$$G_w(s) = -\frac{G_n(s)}{G_c(s)G_p(s)} = 0.03689 \quad (5)$$

과같이 얻어진다. 본 연구에서는 직기의 과도상태 즉 직기 출발 및 정지시 직기의 가동속도가 변하는 상태를 외란 N(s)으로 간주하고 이를 보상하기 위하여 feedforward control을 이용하였다. Fig.3과 Fig.4는 시뮬레이션 회로도와 시뮬레이션 결과를 각각 나타낸다.

3. 실험

본 연구에 이용된 제직 시스템은 Fig.5와 같다. 제직 시뮬레이터로는 실험용 소형 소폭직기를 이용하였고 주모터와 개별적으로 경사빔을 구동시킬수 있도록 servo motor에 감속기를 부착시키고 이를 경사빔과 타이밍 벨트로 연결하였다. 외란으로 작용하는 직기속도의 변화를 측정하기 위하여 로터리 엔코더와 F/I converter를 권취부에 부착하였고 이는 A/D converter를 통하여 computer로 입력된다. 또한 controller는 PC에 의하여 프로그램상에서 Digatal controller로 구현하였으며, 송출부와 권취부의 속도는 computer에 의해 조절이 가능하도록 설계하였다. 경사장력 또한 computer에서 on-line 측정이 가능도록 하였다. Fig.6는 본 제직시스템의 경사장력 거동을 나타낸다. 직기출발시를 제외한 전구간에서 장력은 일정하게 유지되고 있음을 알 수 있다.

4. 시스템 성능평가

제직공정중 장력의 변동은 위사밀도의 불균제를 초래할 뿐 만아니라 나아가 사절의 직접적

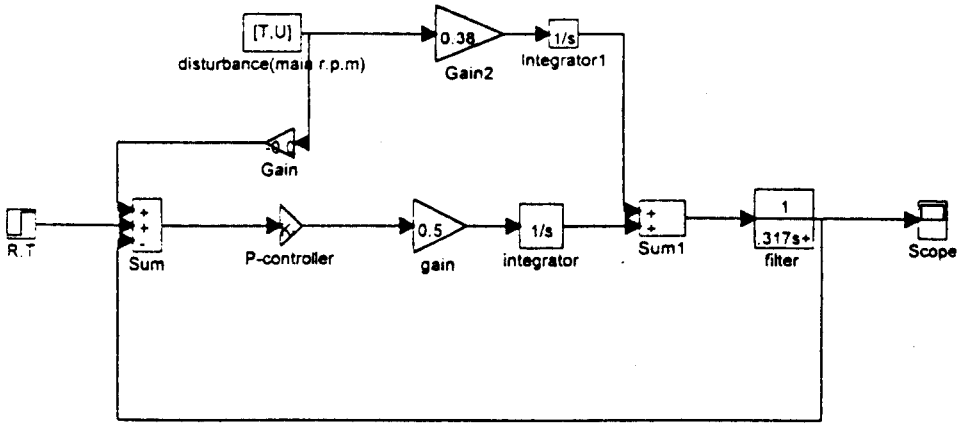

Fig.3 Circuit of simulation in MATLAB

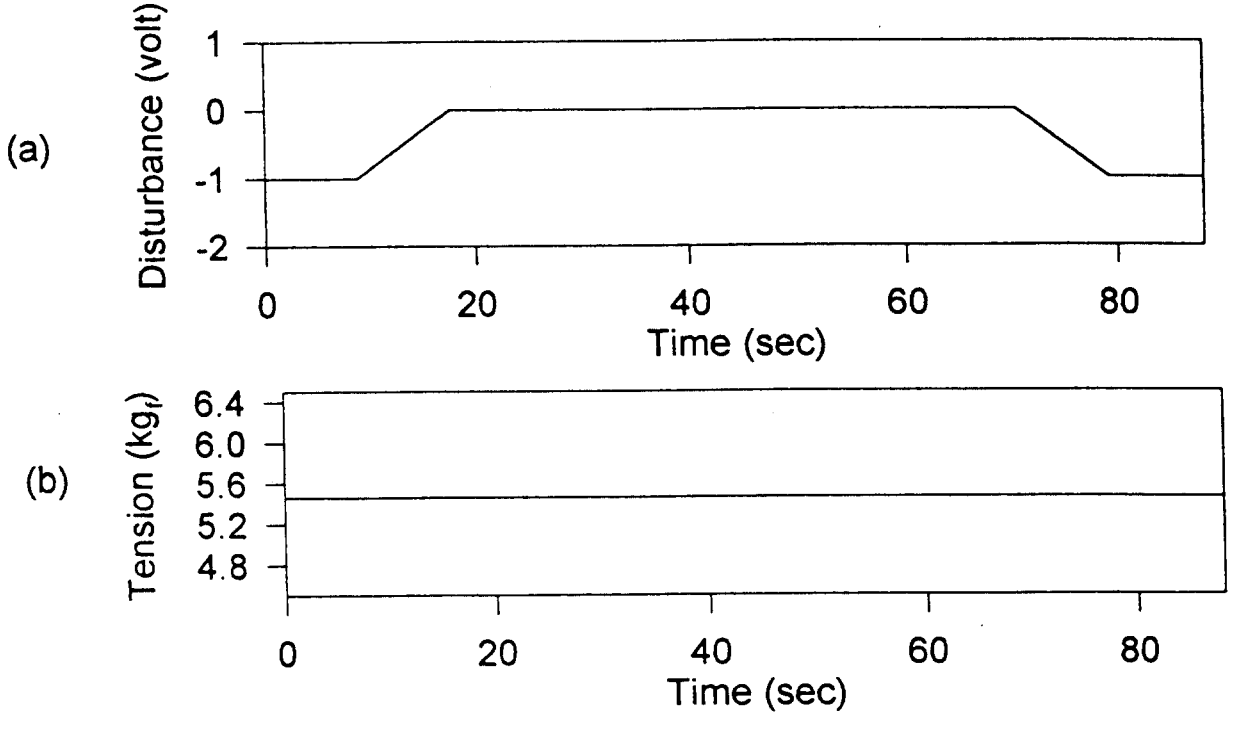

Fig.4 Result of simulation

(a) Signal of disturbance

(b) Output signal of tension

인 원인으로 작용한다. 따라서 제직공정중 어느정도의 장력의 변화가 위사밀도에 영향을 주는지를 알아보고 이를 바탕으로 본 시스템의 제어성능의 평가를 위하여 장력변화에 따른 위사밀도의 변화를 측정하였다. 일정장력을 유지하는 제직공정중에서 경사에 일정한 부하를 가하거나 감했을 때 위사밀도의 변화는 Fig.7과 같다. 결과에 따르면 위사밀도의 변화는 기준경사장력의 ±15% 이상의 변화가 있을 때 발생하며, 그 이내의 장력변동은 위사밀도에

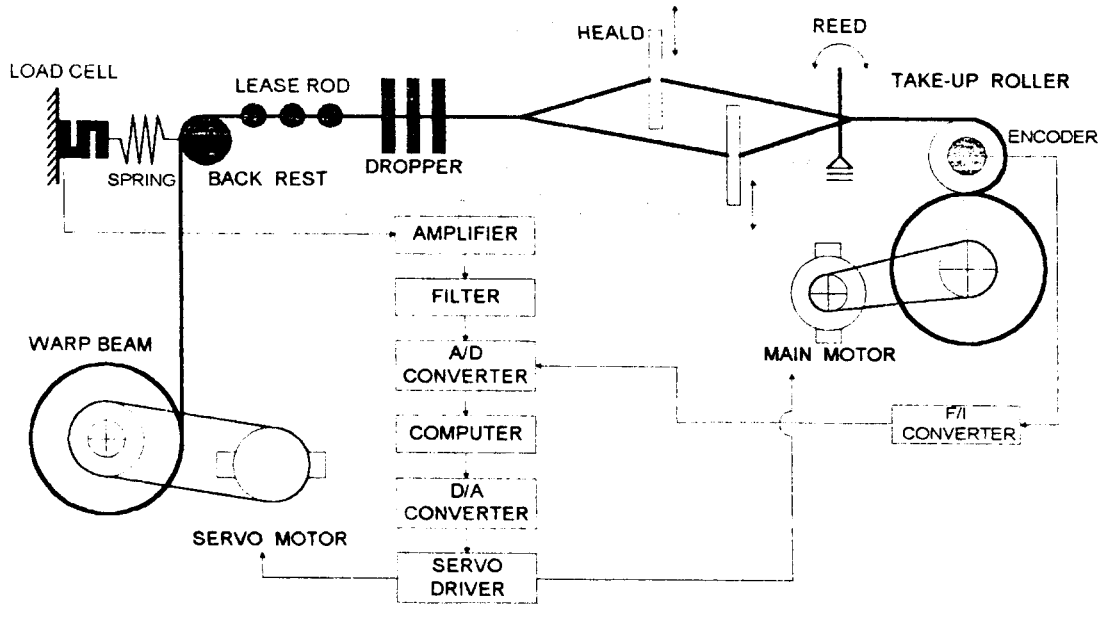

Fig.5 Weaving system

큰영향을 주지 못함을 알 수 있다. 따라서 제직시스템에서 장력변동은 기준경사장력의 15% 이내에 놓여져 있을 경우 위사밀도변화가 나타나지 않음으로 본 제직 시스템에서의 과도상태 장력변동은 직물에 정지단 결함을 나타내지 않음을 알 수 있다.

5. 결론

제직공정중 발생하는 직단의 원인을 직기정지 및 출발시 발생하는 직기속도의 변화에따른 경사장력 거동의 과도상태에 기인한 것으로보고 과도상태의 경사장력 제어를 위한 연구결과 직기과도상태에서의 장력변동을 feedforward control 을 이용하여 억제할수있음을 확인하였고,제직중의 경사장력의 15%이내의 변동을 위사밀도에 영향을 주지않음을 확인하였다.

참고문헌

(1) Y. Huh, J. W. Lee, S. G. Lee, "Development of Tension Control System for Warp Let-off and Take-up", KSME,1, VOl 35, 46~52, 1995

(2) Shin. K, "Tension Control in a Moving Web", Unpubl. M.S Report, Oklahoma state Univ. 1986

(3) Karl N. read, Ku-Chin Lin, "Control of Longitudial Tension Mult-span Web Transport systems During Start up" Pro. on 3rd. Int. Conf. on Web Handling, pp. 77~95, 1995

(4) Y. Huh, "A Study on the Tension Variation of Warp Group as a Process Parameter in Accordance with the Initial Loading", J. Korean Fiber Soc., 27, 49~55, 1990

(5) Katsuhiko Ogata, " Moden Control Engineering", pp 608~613, Prentice-Hall Inc,1990
(6) Adrian Biran, Mosehe Breiner, " MATLAB for Engineers", Chapter 1, Addison Wesley

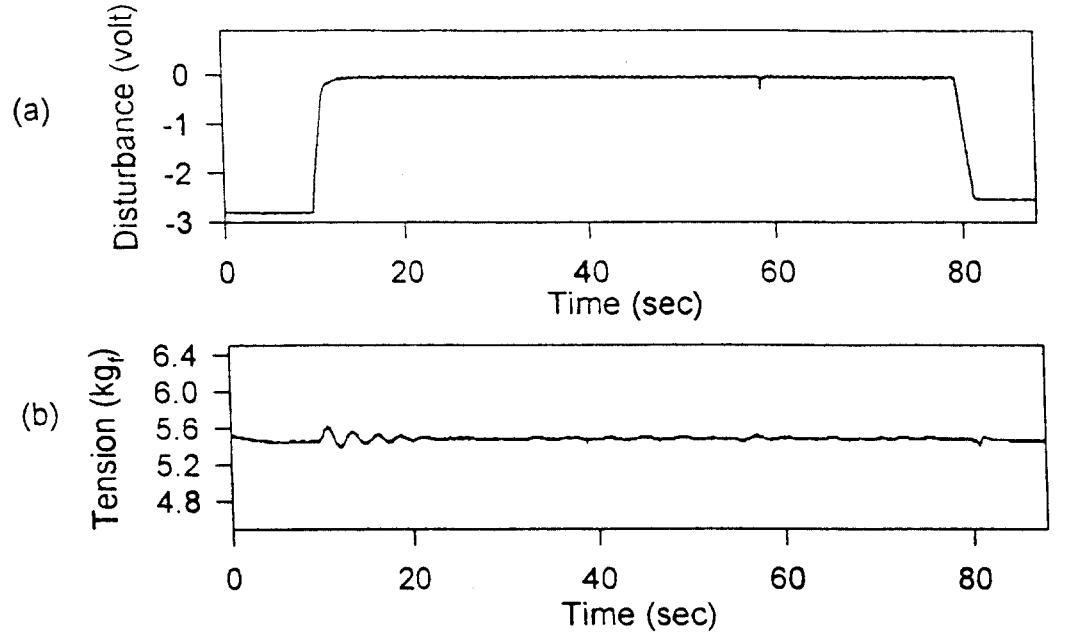

Fig.6 Result of real process
(a) Signal of disturbance
(b) Output signal of tension

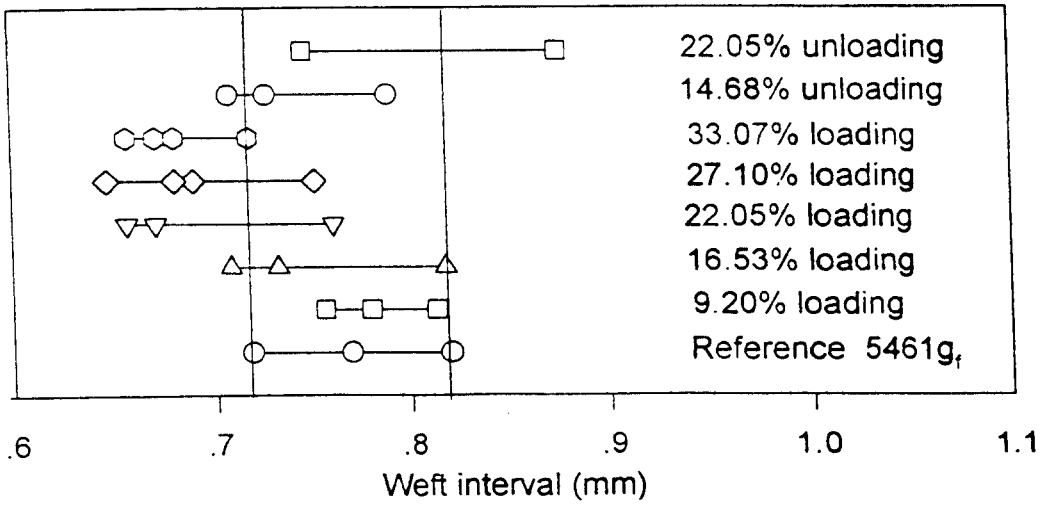

Fig.7 Weft interval og loading or unloading fabric