



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0003193
(43) 공개일자 2010년01월07일

(51) Int. Cl.

B41F 13/004 (2006.01) *B41F 33/00* (2006.01)
B41J 15/16 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0040353

(22) 출원일자 2009년05월08일

심사청구일자 2009년05월08일

(30) 우선권주장

1020080062299 2008년06월30일 대한민국(KR)

(71) 출원인

건국대학교 산학협력단

서울 광진구 화양동 1 건국대학교내

세종대학교산학협력단

서울 광진구 군자동 98 세종대학교

(72) 발명자

신기현

경기도 성남시 분당구 수내동 73 푸른마을 306동 801호

이학성

서울특별시 양천구 목6동 목동아파트 127동 905호

(74) 대리인

조현석

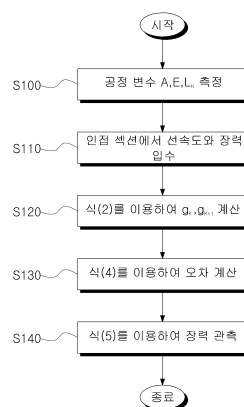
전체 청구항 수 : 총 3 항

(54) 롤투롤 공정에서 분산 처리 장력 관측 방법

(57) 요약

본 발명은 롤투롤 공정에서 분산 처리 장력 관측 방법에 관한 것으로, 특히, 롤투롤 공정의 변수 A , E , L_k 를 측정하는 제1 단계와, 상기 롤투롤 공정의 인접섹션에서 선속도와 장력 정보를 입수하는 제2 단계와, 제2 단계에서 입수된 선속도 정보와 장력 정보와 하기의 (식 2)를 이용하여 g_k 와 g_{k+1} 을 계산하는 제3 단계와, 제3 단계에서 계산된 결과를 이용하여 추정 오차 e 를 하기의 (식 4)를 이용하여 계산하는 제4 단계와, 계산된 e , g_k 와 인접 섹션의 선속도와 장력 정보를 이용하여 하기의 (식 5)를 이용하여 장력을 추정하는 제5 단계를 포함하는 구성에 의하여 대규모 롤투롤 공정에 적용할 수 있고, 공정 변수의 변화에도 정밀한 장력을 관측할 수 있는 효과가 있다.

대표도 - 도3



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10848

부처명 서울특별시

연구사업명 서울시 산학연 협력사업(기술기반 구축사업)

연구과제명 동부권 도심형 제조업 혁신을 위한 e-Printing 부품 산업 클러스터 구축

주관기관 건국대학교 산학협력단

연구기간 2007년 08월 01일 ~ 2008년 07월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

롤투를 공정의 변수 A , E , L_k 를 측정하는 제1 단계;

상기 롤투를 공정의 인접섹션에서 선속도와 장력 정보를 입수하는 제2 단계;

제2 단계에서 입수된 선속도 정보와 장력 정보와 하기의 (식 2)를 이용하여 g_k 와 g_{k+1} 을 계산하는 제3 단계;

제3 단계에서 계산된 결과를 이용하여 추정 오차 e 를 하기의 (식 4)를 이용하여 계산하는 제4 단계; 및

계산된 e , g_k 와 인접 섹션의 선속도와 장력 정보를 이용하여 하기의 (식 5)를 이용하여 장력을 추정하는 제5 단계; 를 포함하여 이루어지는 롤투를 공정에서 분산 처리 장력 관측 방법.

[식 2]

$$g_k = \frac{AE}{L_k} [v_k - v_{k-1}]$$

v_k 와 L_k 는 각 섹션의 선속도와 웹 스패(span)길이,

A 와 E 는 웹의 단면적과 탄성 계수.

[식 4]

$$e = \frac{d}{dt} t_{k+1} + \frac{v_{k+1}}{L_{k+1}} t_{k+1} - g_{k+1} - \frac{v_k}{L_{k+1}} \hat{t}_k$$

[식 5]

$$\frac{d}{dt} \hat{t}_k = -\frac{v_k}{L_k} \hat{t}_k + \left(\frac{v_{k-1}}{L_k} t_{k-1} + g_k \right) + \alpha e - \rho \text{sign}(e)$$

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 선속도는 인접 섹션에서 작동하는 모터의 엔코더로부터 입수가능한 것을 특징으로 하는 롤투를 공정에서 분산 처리 장력 관측 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 장력 정보는 인접 섹션에서 사용되는 장력 측정 센서 또는 장력 관측을 통해 입수가능한 것을 특징으로 하는 롤투를 공정에서 분산 처리 장력 관측 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

<1> 본 발명은 고품위의 전자소자 롤투를 인쇄 공정에서 요구되는 장력 제어를 구성함에 있어서 장력 측정센서를 대

신하는 장력관측방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 웹 장력 방정식에 근거하여 분산 처리가 가능한 구조를 가지므로 다변수 롤투롤 공정에 적용이 가능한 잇점을 가지는 롤투롤 공정에서 분산처리 장력관측방법에 관한 것이다.

배경 기술

- <2> 유연 전자 소자 제조에 있어서 최근 관심을 끌고 있는 롤투롤(roll-to-roll) 인쇄 공정에서 생산 품질의 향상을 위해서는 고수준의 장력 제어가 요구된다.
- <3> 이러한 장력 제어를 위해서는 로드 셀(load cell)이나 댄서 롤(dancer roll) 등의 장력 측정센서가 필수적이다. 그러나 이러한 장력측정 방식은 이동하는 웹(web)에 직접 접촉이 필요하므로 고속의 생산에서는 웹의 품질을 떨어트리는 등의 문제가 있다.
- <4> 이를 해결하기 위해 장력 측정센서를 대신하는 장력 관측 방식이 제안되고 있으나 기존의 공정과 달리 유연 전자 소자 제조에 있어서는 대규모의 공정이 요구되므로 분산 처리가 가능한 장력 추정 방식이 요구된다.
- <5> 또한, 통상의 추정기는 공정의 모델에 의존하는 방식으로 이를 위해서는 정확한 공정 변수의 측정이 요구되나 일반적으로 공정 변수는 공정이 운영됨에 따라 변화하는 까닭에 이의 정확한 관측이 어려운 문제가 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- <6> 본 발명은 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 고품위의 전자소자 롤투롤 인쇄 공정에서 요구되는 장력 제어를 구성함에 있어서 장력 측정센서를 대신하는 장력 관측방법을 제공하고자 하는데 그 목적이 있다.
- <7> 또한, 본 발명의 다른 목적은 웹 장력 방정식만을 사용하여 대규모의 롤투롤 공정에 적합한 방식인 분산 처리가 용이한 롤투롤 공정에서 분산 처리 장력관측방법을 제공하고자 하는 것이다.
- <8> 또한, 본 발명의 다른 목적은 가변 구조를 채용함으로써 공정 변수 변화에도 장력 관측이 가능한 롤투롤 공정에서 분산 처리 장력관측방법을 제공하고자 하는 것이다.

과제 해결수단

- <9> 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 안출한 본 발명은, 롤투롤 공정의 변수 A , E , L_k 를 측정하는 제1 단계와, 상기 롤투롤 공정의 인접섹션에서 선속도와 장력 정보를 입수하는 제2 단계와, 제2 단계에서 입수된 선속도 정보와 장력 정보와 하기의 (식 2)를 이용하여 S_k 와 S_{k+1} 을 계산하는 제3 단계와, 제3 단계에서 계산된 결과를 이용하여 추정 오차 ϵ 를 하기의 (식 4)를 이용하여 계산하는 제4 단계와, 계산된 ϵ , S_k 와 인접 섹션의 선속도와 장력 정보를 이용하여 하기의 (식 5)를 이용하여 장력을 추정하는 제5 단계를 포함하여 이루어지는 롤투롤 공정에서 분산 처리 장력 관측 방법을 제시한다.

효과

- <10> 상기와 같은 구성의 본 발명은 웹 장력 방정식만을 사용하여 대규모의 롤투롤 공정에 적합한 방식인 분산 처리가 용이하므로 대규모 롤투롤 공정에 적용할 수 있는 산업적 이용효과가 있다.
- <11> 또한, 본 발명은 가변 구조를 채용함으로써 공정 변수 변화에도 장력 관측이 가능하므로 공정 변수의 변화에도 정밀한 장력을 관측할 수 있는 사용상 편리한 효과가 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <12> 이하, 상기와 같은 구성의 본 발명에 의한 것으로, 롤투롤 공정에서 분산 처리 장력관측방법의 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명한다.
- <13> 실시 예
- <14> 본 발명을 설명하기 위하여 첨부된 것으로, 도 1은 본 발명의 일실시예에 의한 것으로 롤투롤 공정도이고, 도 2

는 본 발명의 일실시예에 의한 것으로 수식을 예측할 수 있는 롤투롤 공정 기능 구성도이며, 도 3은 본 발명의 일실시예에 의한 것으로 롤투롤 공정에서 분산 처리 장력관측방법 순서도이다.

<15> 본 발명의 일예를 설명함에 있어서, 본 발명과 직접적으로 관련 없고, 잘 알려져 있는 기술 내용에 대하여서는 도면 도시 및 설명을 생략하므로, 본 발명의 요지를 흐리지 않고 명확하게 전달한다.

<16> 도 1 은 본 발명의 일실시예에 의한 것으로 롤투롤 공정도이며, 이를 참조하여 설명하면, 롤투롤 공정에서 장력 관련 식을 하기와 같이 정리할 수 있다.

$$\frac{d}{dt}T = \begin{bmatrix} \frac{-v_1}{L_1} & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \frac{v_1}{L_2} & \frac{-v_2}{L_2} & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \frac{-v_{N-1}}{L_{N-1}} & 0 \\ 0 & 0 & \dots & \frac{v_{N-1}}{L_N} & \frac{-v_N}{L_N} \end{bmatrix} T + \begin{bmatrix} g_1 \\ g_2 \\ \vdots \\ g_{N-1} \\ g_N \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{t_0 v_0}{L_1} \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$= FT + G + T_D \quad (\text{식 1})$$

<18> 여기서 $T = [t_1 \ t_2 \ \dots \ t_N]^T$ 는 각 공정 섹션의 장력을 모아 놓은 벡터이다.

<19> 또한 하기와 같은 식을 정리한다.

$$g_k = \frac{AE}{L_k} [v_k - v_{k-1}] \quad (\text{식 2})$$

<21> 여기서, v_k 와 L_k 는 각 섹션의 선속도와 웹 스패ن(span)길이를 나타내며, A 와 E 는 웹의 단면적과 탄성 계수(modulus of elasticity)이다.

<22> 장력 벡터 T를 재구성하여 상기 (식 1)을 정리하면 다음과 같다.

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} t_k \\ t_1 \\ \vdots \\ t_{k+1} \\ \vdots \\ t_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-v_k}{L_k} & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \frac{-v_1}{L_1} & \dots & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{v_k}{L_{k+1}} & 0 & \dots & \frac{-v_{k+1}}{L_{k+1}} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & \frac{-v_N}{L_N} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} t_k \\ t_1 \\ \vdots \\ t_{k+1} \\ \vdots \\ t_N \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} g_k \\ g_1 \\ \vdots \\ g_{k+1} \\ \vdots \\ g_N \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{t_0 v_0}{L_1} \\ \vdots \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

(보조식 1)

<24> 위의 식을 다시 정리하면 다음과 같다.

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} t_k \\ x \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} t_k \\ x \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \end{bmatrix} \quad (\text{보조식 2})$$

<26> 여기서 x는 장력 벡터 T에서 t_k 를 제외한 벡터로 (보조식 2)의 각 요소의 차원 및 정의는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 x &\in \mathbb{R}^{N-1} \\
 A_{11} &\in \mathbb{R}^{k1} & A_{12} &\in \mathbb{R}^{k(N-1)} \\
 A_{21} &\in \mathbb{R}^{(N-1) \times 1} & A_{22} &\in \mathbb{R}^{(N-1) \times (N-1)} \\
 B_1 = g_k &\in \mathbb{R}^1 & B_2 &= \begin{bmatrix} g_1 + \frac{t_0 v_0}{L_1} \\ \vdots \\ g_{k+1} \\ \vdots \\ g_N \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{N-1}
 \end{aligned}
 \quad (\text{보조식 3})$$

한편 (보조식 2)를 나뉘쓰면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 \frac{d}{dt} t_k &= A_{11} t_k + A_{12} x + B_1 \\
 \frac{d}{dt} x &= A_{21} t_k + A_{22} x + B_2
 \end{aligned}
 \quad (\text{보조식 4})$$

이때 (보조식 4)를 이용하여 다음과 같은 관측기 (보조식 5)를 고려할 수 있다.

$$\frac{d}{dt} \hat{t}_k = A_{11} \hat{t}_k + A_{12} x + B_1 + E(w - A_{21} \hat{t}_k)
 \quad (\text{보조식 5})$$

여기서, $w = \frac{d}{dt} x - A_{22} x - B_2 = A_{21} t_k$ 이다.

(보조식 5)의 관측기에서 관측 오차 $e_k = \hat{t}_k - t_k$ 를 고려하면 다음과 같이 정리된다.

$$\begin{aligned}
 \frac{d}{dt} e_k &= \frac{d}{dt} \hat{t}_k - \frac{d}{dt} t_k = A_{11} \hat{t}_k + A_{12} x + B_1 - (A_{11} t_k + A_{12} x + B_1 + E(w - A_{21} \hat{t}_k)) \\
 &= A_{11} e_k - E(w - A_{21} \hat{t}_k) = A_{11} e_k - EA_{21} e_k = (A_{11} - EA_{21}) e_k
 \end{aligned}
 \quad (\text{보조식 6})$$

만약 $(A_{11} - EA_{21})$ 의 eigen-value가 음수이면 관측 오차 $e_k = \hat{t}_k - t_k$ 는 0으로 수렴하고, 한편 A_{21} 는 (보조식 1)과 (보조식 2)에서 k 번째 행에서 값을 가지고 나머지는 모두 0이므로 E는 k번째 열에서만 값을 가지고 나머지는 모두 0으로 처리하더라도 문제가 없다. 따라서 E의 k 번째 열의 값을 a라 하면

$$E(w - A_{21} \hat{t}_k) = Ew - EA_{21} \hat{t}_k = \alpha \left(\frac{d}{dt} t_{k+1} + \frac{v_{k+1}}{L_{k+1}} t_{k+1} - g_{k+1} - \frac{v_k}{L_{k+1}} \hat{t}_k \right)
 \quad (\text{보조식 7})$$

이 되고,

$$A_{12} x = \frac{v_{k-1}}{L_k} t_{k-1}
 \quad (\text{보조식 8})$$

이므로 (보조식 7)과 (보조식 8)을 (보조식 5)에 대입하면 하기의 (식 3)이 유도된다.

즉, 상기 (식 2)에 축소 차수(reduced order) 관측기 이론을 적용하면 다음과 같은 관측 방식을 얻는다.

$$\frac{d}{dt} \hat{t}_k = -\frac{v_k}{L_k} \hat{t}_k + \left(\frac{v_{k-1}}{L_k} t_{k-1} + g_k \right) + \alpha e
 \quad (\text{식 3})$$

여기서 e 는 추정 오차를 보정하기 위한 궤환 신호로 다음과 같이 정의 된다.

$$e = \frac{d}{dt}t_{k+1} + \frac{v_{k+1}}{L_{k+1}}t_{k+1} - g_{k+1} - \frac{v_k}{L_{k+1}}\hat{t}_k$$

(식 4)

상기의 장력 관측 방식에 있어 요구되는 관측 신호를 각 섹션 별로 정리하면 도 2와 같은 관측 방식 또는 예측 수식을 얻을 수 있다.

도 2 는 본 발명의 일실시예에 의한 것으로 수식을 예측할 수 있는 롤투롤 공정 기능 구성도이다.

상기 도 2를 참조하여 설명하면, 본 발명에서는 인접한 관측기간의 정보 교환을 통해 각 섹션별 장력을 추정하는 구조를 가지고 있어 분산 처리가 가능한 장력 관측 방식이다.

즉, 도 2에서의 v_{k-1} , v_k , t_{k-1} , t_k 를 통해 t_k 관측이 가능하다.

또한 가변 구조(variable structure) 이론을 앞서의 장력 관측 방식에 적용하면 다음과 같다.

만약 장력 모델식인 보조식 (4)에 변동이 생겨 외부 요인 d 가 아래와 같이 첨가되었다고 가정하면

$$\frac{d}{dt}t_k = A_1 t_k + A_2 x + B_1 d$$

(보조식 9)

이 되고 이때 관측기(보조식 5)를 적용하여 오차식을 고려하면 다음과 같다.

$$\frac{d}{dt}e_k = (A_{11} - EA_{21})e_k - \rho \operatorname{sign}(e) - d$$

(보조식 10)

한편

$$e = \frac{d}{dt}t_{k+1} + \frac{v_{k+1}}{L_{k+1}}t_{k+1} - g_{k+1} - \frac{v_k}{L_{k+1}}\hat{t}_k = \frac{v_k}{L_{k+1}}e_k$$

이므로, 이때 다음과 같은 Lyapunov function V 을 생각하고 이를 미분하면 다음과 같다.

$$V = \frac{1}{2}e_k \cdot e_k$$

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}V &= e_k \cdot \frac{d}{dt}e_k = e_k \cdot ((A_{11} - EA_{21})e_k - \rho \operatorname{sign}(e) - d) \\ &= (A_{11} - EA_{21})e_k \cdot e_k - \rho e_k \cdot \operatorname{sign}(e) - e_k \cdot d \\ &\leq (A_{11} - EA_{21})e_k \cdot e_k - \rho |e_k| + |d||e_k| \\ &\leq (A_{11} - EA_{21})e_k \cdot e_k - (\rho - |d|)|e_k| \end{aligned}$$

(보조식 11)

만약 $\rho > |d|$ 이면 (보조식 11) 좌변이 음수이므로 Lyapunov function V 는 항상 감소하므로 관측 오차 $e_k = \hat{t}_k - t_k$ 는 0으로 수렴한다.

따라서, 상기의 (식 3)은 하기의 (식 5)로 정리할 수 있다.

$$\frac{d}{dt}\hat{t}_k = -\frac{v_k}{L_k}\hat{t}_k + \left(\frac{v_{k-1}}{L_k}t_{k-1} + g_k\right) + \alpha e - \rho \operatorname{sign}(e)$$

(식 5)

상기의 식에서 $\rho \operatorname{sign}(e)$ 는 가변 구조 이론에 의해 추가된 항으로 이를 통해 장력 관측 방법에 사용되는 공정 변수 A 와 E 등에 변화가 발생하더라도 장력 관측이 가능하다.

도 3 은 본 발명의 일실시예에 의한 것으로 롤투롤 공정에서 분산 처리 장력 관측 방법 순서도 이다.

상기 첨부된 도 3을 참조하여 설명하면, 먼저 공정 변수 A , E , L_k 를 장력 관측 전에 측정한다(S100).

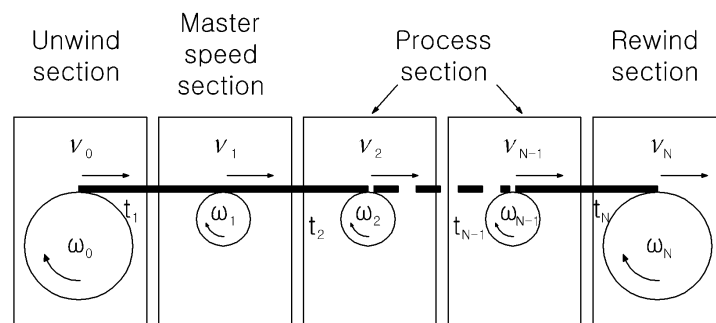
- <63> 상기 공정이 운영되는 과정에서 인접 섹션에서 작동중인 선속도와 장력 정보를 입수한다(S110).
- <64> 여기서 선속도 인접 섹션에 작동하는 모터의 엔코더 등으로부터 입수 가능하며 장력 정보는 인접 섹션에서 사용되는 장력 측정 센서 또는 장력 관측 등을 통해 입수한다.
- <65> 상기 입수된 선속도 정보와 장력 정보와 (식 2)를 이용하여 δ_k 와 δ_{k+1} 을 계산하고(S120), 상기 계산된 결과를 이용하여 추정 오차 ϵ 를 (식 4)를 통해 계산한다(S130).
- <66> 상기 계산된 ϵ , δ_k 와 인접 섹션의 선속도와 장력 정보를 이용하여 (식 5)에서와 같이 장력을 추정한다(S140).
- <67> 본 발명을 일예로 설명하였으나, 반드시 이러한 일예에 국한되는 것이 아니고, 본 발명의 기술사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양하게 변형 실시될 수 있다. 따라서 본 발명에 개시된 일예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 일예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

도면의 간단한 설명

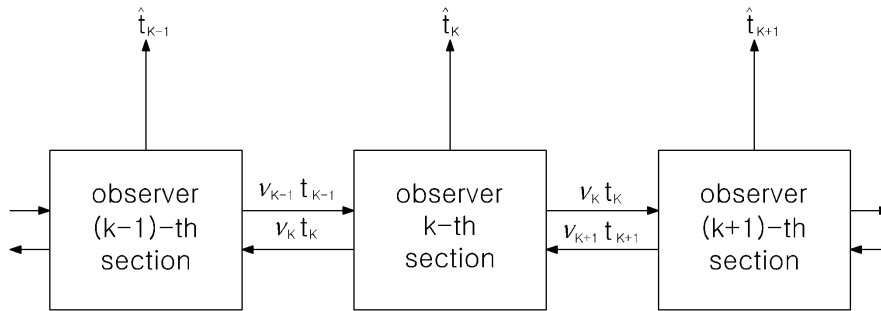
- <68> 도 1은 본 발명의 일실시예에 의한 것으로 롤투롤 공정 도시도,
- <69> 도 2는 본 발명의 일실시예에 의한 것으로 수식을 예측할 수 있는 롤투롤 공정 기능 구성도,
- <70> 도 3은 본 발명의 일실시예에 의한 것으로 롤투롤 공정에서 분산 처리 장력 관측 방법 순서도.

도면

도면1



도면2



도면3

