

협대역 제거형 공간필터법에 의한 직물 결함의 온라인 종류판별 —공간주파수 영역에서의 해석—

田 承 桓* · 金 正 烈*

On-Line Defect Discrimination of Knitted Fabrics by the Narrow Band
Eliminating Spatial Filtering Method
—Analysis in Spatial Frequency Domain—

Seung-Hwan Jun · Jeong-Ryul Kim***

<목 차>

Abstract

1. 서론

2. 협대역 제거형 공간필터의 필터링특성

3. 결함의 스펙트럼분석

3.1 Type 1의 결함

3.2 Type 2의 결함

4. 결함의 온라인 종류판별

5. 결론

참고문헌

Abstract

The defects occurred in knitted fabrics have several types due to some trouble sources. In particular, the defects caused by knitting machine troubles give a serious damage to the whole webs.

It is, therefore, necessary to discriminate the kind of defects. The method to discriminate the type and size of defects has been proposed, which is used a pair of narrow band eliminating spatial filters. This method is based upon an isotropic signal processing in time domain.

This paper is to confirm that the proposed method can be useful in the discrimination of defects, having analyzed in spatial frequency domain.

1. 서론

물체표면에 생기는 결함검출에 관하여 많은 연

구가 이루어지고 있으며, 여러가지 방법이 개발되어 왔다. 저자 등은 이들 방법중 하나로써, 측정대상에 존재하는 특정한 공간주파수 성분에 대하여

* 정희원, 한국해양대학교 해사대학 교수

응답이득이 0이 되는 계측계를 구성하고, 이의 실제적인 응용으로써 직물에 발생하는 결함 검출법을 제안한 바 있다.¹⁾ 즉, 결함이 없을 때에는 공간필터로부터의 출력신호는 0 레벨이, 결함이 발생하였을 때에는 펄스파형의 출력신호가 검출되어 결함계측이 가능한 것을 제시하였다. 또한, 직물에 발생하는 결함을 그 발생원인에 따라 분류하고, 직물기 자체의 고장 또는 조정불량 등에 의한 결함과 울 자체의 결함 등에 의해 일시적으로 발생하는 결함을 판별하는 방법을 제안한 바 있으며,²⁾ 이 결함판별법에 있어서는 모든 해석을 시간영역에서 다루었다. 본 논문에서는 결함판별법을 공간주파수 영역에서 해석하여 제안한 방법의 타당성을 명확히 하고자 한다.

2. 협대역 제거형 공간필터의 필터링특성

협대역 제거형 공간필터의 경사각에 따른 필터링특성의 변화를 살펴보기로 한다. 경사진 공간필터의 구성을 Fig. 1에 나타낸다. 그림에서 L, P, W 는 각각 스티트의 길이, 피치, 폭이고 N 은 스티트의 총개수로 **奇數**이며, $h_0, h_1, \dots, h_{(N-1)/2}$ 는 각각의 스티트에 가해지는 공간하중치이다. 경사하지 않은 ($\theta = 0^\circ$) 공간필터의 하중함수를 $h(x, y)$ ¹⁾라 하면, 하중함수의 공간영역에서의 2차원 푸리에 변환 $H(\mu, \nu)$ 는 다음식으로 나타낼 수 있다.

$$H(\mu, \nu) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} dx dy h(x, y) \cdot \exp(-j2\pi(\mu x + \nu y)) \quad (1)$$

단, μ, ν 는 x, y 방향에 대한 공간주파수이다.

다음으로, 각도 θ 만큼 경사진 공간필터의 하중함수를 $g(\xi, \eta)$, 이 함수의 공간영역에서의 2차원 푸리에 변환을 $G(\mu', \nu')$ 로 하고, (1)식을 이용하여 필터링특성을 구해보면 다음과 같다.

$$|G(\mu', \nu')|^2 = (LNW)^2 \cdot \{ \sin c(\pi \nu L) \}^2 \cdot \{ \sin c(\pi \mu W) \}^2 \cdot \left\{ 1 - \frac{\sin(\pi \mu PN)}{N \sin(\pi \mu P)} \right\}^2 \quad (2)$$

$$\text{단, } \begin{cases} \mu = \mu' \cos \theta + \nu' \sin \theta \\ \nu = -\mu' \sin \theta + \nu' \cos \theta \end{cases}$$

μ', ν' 는 각각 회전좌표계 ξ, η 방향에 대한 공간주파수이다.

(2)식을 이용하여, 공간필터의 경사각을 파라메터로 하여 필터링특성을 나타낸 것이 Fig. 2이다. 그림에서 알수 있듯이 필터의 경사각과 함께 필터링 특성도 회전한다.

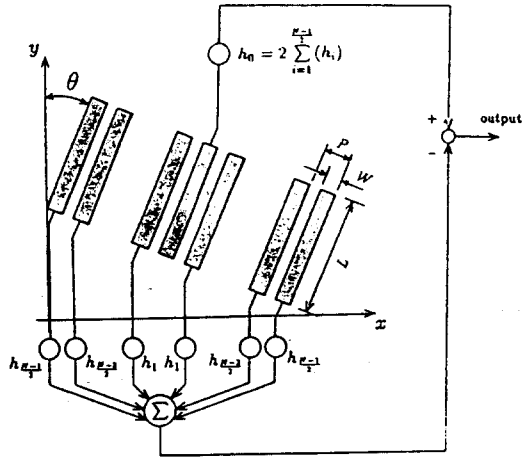
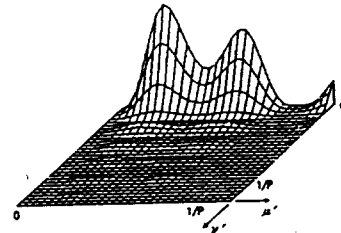
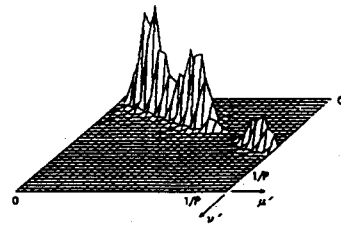


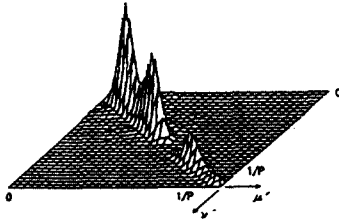
Fig. 1 Configuration of the inclined spatial filter



(a) $\theta = 0^\circ$



(b) $\theta = 30^\circ$

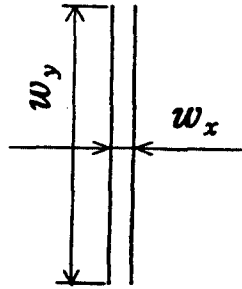


(c) $\theta = 45^\circ$

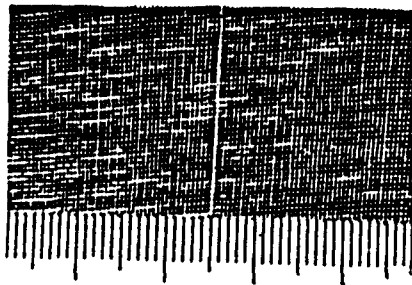
Fig. 2 Filtering characteristics of $|G(\mu', \nu')|^2 / (LNW)^2$ ($N=5, L=20, P=1, W=0.45$)

3. 결함의 스펙트럼 분석

직물에 발생하는 결함패턴에는, 발생원인에 따라 Fig. 3-(b)에 보이는 것처럼 연속적으로 발생하는 가늘고 긴 결함(Type 1)과 Fig. 4-(b)에 보이는 것처럼 일시적으로 발생하는 둥근형의 결함(Type 2)으로 대별할 수 있다. 직물 울의 주기적인 패턴

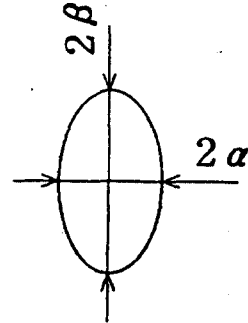


(a) Defect size

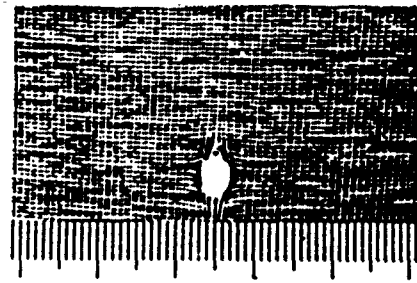


(b) Type 1

Fig. 3 Defect pattern of Type 1



(a) Defect size



(b) Type 2

Fig. 4 Defect pattern of Type 2

에 의한 공간주파수 성분은 협대역 제거형 공간필터의 필터링특성에 의해 제거되므로, 여기서는 결함의 공간적인 패턴(Fig. 3-(a), Fig. 4-(a))에만 주목하고 이들 대표적인 결함이 갖고있는 공간주파수 성분에 대해 살펴보기로 한다.

3.1 Type 1의 결함

Fig. 3-(a)에 보이듯이 결함의 가로 크기를 w_x , 세로 크기를 w_y 라 하면, 결함신호 $k(x,y)$ 는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$k(x, y) = k_x(x) \cdot k_y(y) \quad (3)$$

$$k_x(x) = \begin{cases} 1 & (0 \leq x \leq w_x) \\ 0 & (\text{otherwise}) \end{cases} \quad (4)$$

$$k_y(y) = \begin{cases} 1 & (0 \leq y \leq w_y) \\ 0 & (\text{otherwise}) \end{cases} \quad (5)$$

결합신호 $k(x, y)$ 의 공간역역에서의 2차원 프리에 변환 $K(\mu, \nu)$ 는,

$$K(\mu, \nu) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} dx dy k(x, y) \cdot \exp(-j2\pi(\mu x + \nu y)) \quad (6)$$

단, μ, ν 는 x, y 방향에 대한 공간주파수이다.

로 나타내고, 결합신호의 스펙트럼을 구하면 다음과 같다.

$$|K(\mu', \nu')|^2 = (w_x w_y)^2 \cdot \{ \sin c(\pi \nu w_y) \}^2 \cdot \{ \sin c(\pi \mu w_x) \}^2 \quad (7)$$

$$\text{단, } \begin{cases} \mu = \mu' \cos \theta + \nu' \sin \theta \\ \nu = -\mu' \sin \theta + \nu' \cos \theta \end{cases}$$

Fig. 5-(a)는, $w_y = L, w_x = 0.05 \cdot L$ 로 하고, 결합은 기울어진 형태로 발생하지 않으므로 $\theta = 0^\circ$ 로 하여, $|K(\mu', \nu')|^2$ 을 정규화하여 그래프로 나타낸 것이다. 그림에 나타나 있듯이, ν' 공간주파수 성분은 거의 분포하고 있지않는 것을 알 수 있다.

3.2 Type 2의 결합

Fig. 4-(a)에 보이듯이, 결합의 가로 크기를 $2a$, 세로 크기를 $2b$ 라 하면, 결합신호 $q(x, y)$ 는,

$$q(x, y) = \begin{cases} 1 & (\sqrt{(x/a)^2 + (y/b)^2} \leq 1) \\ 0 & (\text{otherwise}) \end{cases} \quad (8)$$

로 나타낼 수 있으며, 스펙트럼을 구하면³⁾ 제1종 Bessel함수를 이용하여,

$$|Q(\mu', \nu')|^2 = \left| \frac{2\pi a J_1(\beta \sqrt{(\mu a/\beta)^2 + \nu^2})}{\sqrt{(\mu a/\beta)^2 + \nu^2}} \right|^2 \quad (9)$$

$$\text{단, } \begin{cases} \mu = \mu' \cos \theta + \nu' \sin \theta \\ \nu = -\mu' \sin \theta + \nu' \cos \theta \end{cases}$$

이 된다.

Fig. 5-(b)는 $2a = 2b = 0.1 \cdot L, \theta = 0^\circ$ 로 하여 $|Q(\mu', \nu')|^2$ 를 정규화하여 그래프로 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이, 결합의 스펙트럼 성분은 μ', ν' 양쪽으로 일양하게 분포하고 있다.

이상의 분석 결과에서, Type 1의 결합이 Type 2에 비해 異方性이 더 강하다는 것을 알 수 있다.

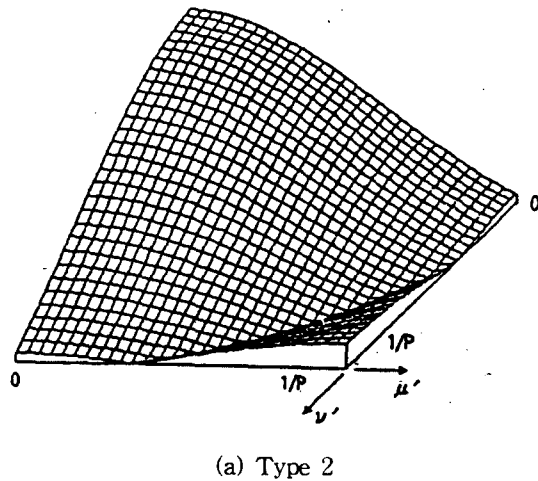
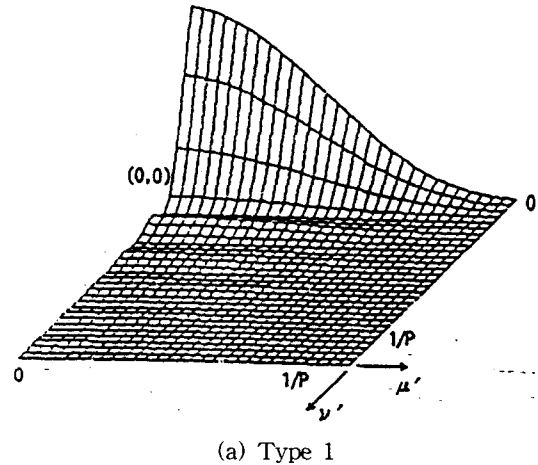


Fig. 5 Spectral analysis of Type 1 and Type 2

4. 결합의 온라인 종류판별

Type 1이 Type 2에 비해 異方性이 더 강하다는 것과 Fig. 2에 보이는 공간필터의 필터링특성을 고

러하면, Type 1의 경우 공간필터의 경사각이 0° 일 때 결함과 공간필터의 특성이 가장 일치하게 된다. 그러나 경사각이 클수록 결함의 스펙트럼 성분은 필터링되지 않게 된다. Type 2의 경우 공간필터를 경사시켜도 같은 레벨의 스펙트럼 성분을 검출하게 된다. 공간필터로부터의 출력은 공간필터의 필터링 특성과 결함의 스펙트럼 성분과의 곱의 형태로 나타나므로, Fig. 6에 보이듯이 경사각이 서로 다른 2개의 공간필터를 이용하여 각각의 필터로부터의 출력신호의 최대값을 서로 비교함으로써 결함의 온라인 종류판별이 가능하다는 것을 알 수 있다.

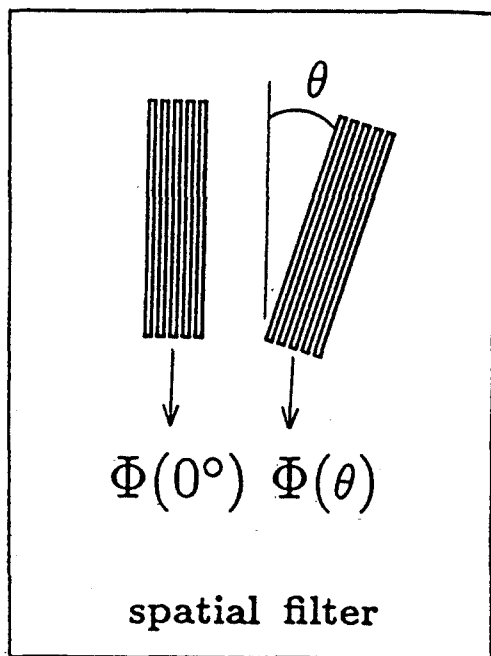


Fig. 6 A pair of spatial filter to discriminate the kind of defects

5. 결 론

경사각이 서로 다른 2개의 협대역 제거형 공간필터를 이용함으로써 직물에 발생하는 결함의 온라인 종류판별이 가능하다는 것을, 공간주파수 영역에서 검토하고자 하였다.

이를 위해, 협대역 제거형 공간필터의 경사각에 따른 필터링특성의 변화를 살펴보고, 아울러 직물에 발생하는 대표적인 결함이 갖는 2차원적 스펙트럼을 조사하였다. 이 결과, 결함에 따라 異方性的의 程度가 달랐고 이를 적극적으로 활용함으로써 종류판별이 가능하다는 것을 명확히 하였다.

참 고 문 헌

- [1] 田, 大山, 小林, 山浦, “狹帶域除去型空間フィルタとメリヤス地のオンライン傷検出”, 計測自動制御學會論文集, Vol.29, No.7, 725/734 (1993)
- [2] 田, 大山, 小林, 山浦, “狹帶域除去型空間フィルタ法によるメリヤス地の傷のオンライン種類判別と大きさ計測”, 計測自動制御學會論文集, Vol.30, No.3, 276/284 (1994)
- [3] 森口, 宇田川, 一松, 數學公式 I, 岩波全書, p. 2, p. 86, p. 181 (1987)