

방적사 외관에 영향을 미치는 이상신호의 검출을 위한 웨이블릿 패킷 시스템

김주용

송실대학교 섬유공학과

A wavelet packet system for detecting the visual anomalies of spun-yarn diameter profiles

Jooyong Kim

Department of Textile Engineering, Soongsil University

1. 서론

지난 수 십년 동안 단위 길이당의 질량이나 지름의 변동은 섬유 공정 및 품질 관리에 있어서 매우 중요한 특성으로 알려져왔다. [1,2] 특히 방적사의 균제도는 최종 제품의 성능이나 외관을 결정하는 중요한 요인중의 하나로 그 특성을 밝히기 위해 불균제 지수, 스펙트로그램, 자기 상관 계수도 등이 사용되어져 왔다. 이들은 변동의 분산성과 주기성을 효과적으로 관찰, 표시하여 방적사의 균제도를 정량적으로 분석, 평가하는 것으로 방적사의 일반적인 특성을 나타내는데 적합하다. 초기의 균제도 분석법은 이미 만들어진 방적사의 성능을 평가하기 위해 사용되어 왔으나, 최근에는 자동화, 대량 생산화되어가는 방적 공정의 실시간 평가 및 의사 결정 시스템의 구축 도구로서의 역할이 크게 요구되고 있다. 현재의 균제도 분석법들의 단점은 첫째, 시간 관련 정보를 효과적으로 밝혀내지 못한다는 점이다. 평균적 의미에서의 균제 정도 이외에 시간에 따라 균제도가 어떻게 변해가는지 어디서 불균제가 시작되는지에 대한 정보는 완전히 소실된다. 둘째, 생산되는 직물의 외관을 결정하는 방적사의 두드러진 특성(salient feature)에 대한 정보가 부족하다. 기존의 결점에 관련된 통계량은 외관과의 관련성은 높으나 불충분하며, CV%등은 그 상관관계가 매우 미흡하다.

본 논문에서는 위의 전통적인 분석법의 한계를 극복할 수 있는 새로운 방법론인 웨이블릿 변환 이론을 응용하여 방적사의 지름 변동 패턴을 시간-주파수 영역에서 분석하므로써 시간과 주파수영역을 독립적으로 분석할 때 간과되는 시간 관련 정보들과 더불어 직물의 외관과 직결되는 두드러진 특성을 웨이블릿 변환을 통하여 밝혀내는 새로운 방법을 제시하였다.

2. 실험

균제도 측정을 위해 3종류의 방적사(링정방사, 오픈-엔드사, 고연신사)가 사용되었고, 변수는 6수에서 28수였으며 실험전에 1주일정도 항온,항습실에서 유지되었다. 준비된 시료들은 광학적 원리를 이용하여 물체의 지름을 측정하는 Zwegle G-580[®] 균제도 측정기에서 연속적으로 지름이 측정되었으며, 측정 속도는 100m/min, 샘플링 속도는 833Hz(초당 833샘플)로 고정되었다.[3] 측정기와 연결된 데이터 처리용 컴퓨터로부터 방적사 지름의 개별 측정치를 이진 파일의 형태로 수집하여 웨이블릿 변환의 기본 데이터로 사용하였다.

3. 이론

웨이블릿 패킷변환은 정규직교성을 가진 웨이블릿 기저 벡터와 신호간의 컨벌루션에 의해 수행된다. 기존의 웨이블릿 변환과는 달리 세부 필터에 의해 얻어진 계수들도 계속적으로 필터링되며, 그 결과 신호의 길이가 원신호 N에서 $N\log N$ 으로 늘어난 형태의 일종의 나뭇가지 구조를 형성하게 된다. 이를 웨이블릿 패킷 계수의 나뭇가지 구조라 부르며, 시간-주파수 요소들의 변동에 대한 정보를 보여준다. 본 연구에서는 나뭇가지 구조로부터 외관상의 이상신호에 민감하게 반응하는 부분집합인 분별 웨이블릿 패킷 계수들을 선택하고, 이를 특징 벡터로 이상점을 검출하는 새로운 알고리즘을 개발하였다. 길이 n의 수열 x를 웨이블릿 패킷 변환하면 다음과 같이 웨이블릿 패킷 계수 w를 얻게된다.

$$x \rightarrow w = W.P(x) = \langle x, B \rangle$$

정상 신호와 이상 신호의 두종류의 w에 대하여 웨이블릿 패킷의 분해 깊이를 정하고 부모계수(parent coefficients)와 자식계수(children coefficients)들 간의 평균 거리(l^2 -norm)를 계산하여 거리를 극대화시키는 계수들을 선택하여 분별 웨이블릿 패킷 계수를 선택한다. 이 과정은 다음과 같이 표시될 수있다.

$$w \rightarrow w^* = D.B(w)$$

여기서, D.B는 discriminant basis algorithm의 약어로서, 분별 웨이블릿 패킷 계수를 정하는 방법이다. D.B에 의해서 결정된 계수들은 이상신호를 검출하는데 사용되며 정형화된 패턴 벡터로서 이용된다.

4. 결과 및 결론

제시된 알고리즘에 의해 얻어진 분별 웨이블릿 계수는 (2,3), (2,2), (2,1), (3,1), (4,1), (5,1), (5,0)이었으며 분해깊이는 5였다. 그림1은 비정상 신호(a)와 정상 신호(b)의 분별 웨이블릿 계수들을 그래픽으로 보여준다.

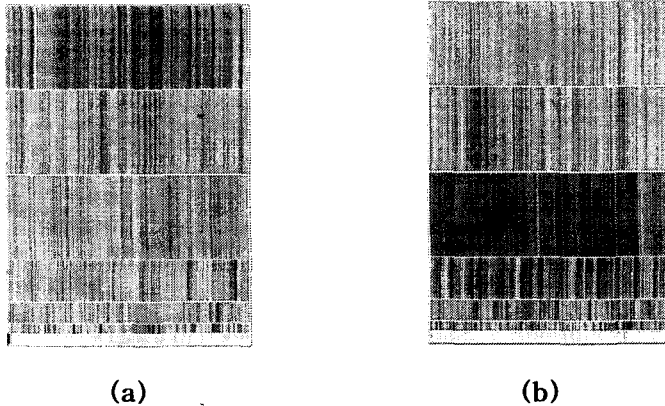


Figure 1. Comparison of the discriminant bases for an abnormal and a normal yarns

이들은 곧바로 2개의 층을 가진 인공 신경망의 입력 벡터로 사용되어 패턴 분별기를 구축하는데 사용된다. 방적사 50m에 해당하는 신호 100 세트에 대해 실험을 수행한 결과 5개의 세트를 제외한 나머지 195개는 5명의 사람이 판정한 육안판정결과와 일치하는 결과를 보였다.(분별성공률: 97.5%)

5. 참고 문헌

- 1) Foster, G. Investigation of periodicities in the products of cotton spinning: the draft wave. *Journal of the Textile Institute*, 36:T229-T242, October 1945.
- 2) Barella, A. The Influence of twist on the regularity of the apparent diameter of worsted yarn. *Journal of the Textile Institute*, 43(9):734, September 1952.
- 3) Zwegle Co. *Manual for G-580 Evenness Tester*, 1990. Institute, 10 Blackfrias Street, Manchester England, 1982.