

FFT를 이용한 직물의 표면거칠기 해석

문지성, 권영하, 강대임*, 박연규*
경희대학교 공과대학 섬유공학과
경기도 용인시 기흥읍 서천리 1번지
*한국표준과학연구원
*대전광역시 유성구 우체국 사서함 102

Analysis For Surface Roughness of Fabric by Using FFT

JiSeong Moon, YoungHa Kwon, DaeIm Kang*, YunKyu Park*
Dept. of Textile Engineering Kyung Hee Univ.,
1 Seochun-ri, Kiheung-eup, Yongin City, Kyunggi-do 449-701, KOREA
*Korea Reserch Institute of Standards and Science
*P.O.Box 102, Yuseong, Daejon, KOREA

Abstract

인간의 감성을 고려하는 제품의 생산에서 촉감은 인간이 제품을 만질 때 직접적으로 느낄 수 있는 중요한 감각이다. 이러한 촉감의 연구를 위해 직물을 대상으로 직물 표면의 거칠기를 측정하고 해석하였다. 측정된 표면 거칠기를 Fast Fourier Transform 변환하여 직물구조를 분석하는 기준으로 하였다. 각 peak 값들을 분석하여 나온 값이 직물 구조를 수식화하여 사용할 수 있는 좋은 방법이 됨을 알았다. 또한, 실의 잔털량을 측정하여, 잔털량과 인간의 주관적인 감각을 대표하는 값과의 상관관계를 조사하였다. 잔털량이 인간의 주관적인 감각을 객관적으로 표현할 수 있는 한 요소로 사용될 수 있다는 것을 확인하였다.

1. 서론

감성적인 제품의 디자인에서 사람이 제품과 직접 접촉할 때 느낄 수 있는 촉감의 문제는 중요한 부분으로 떠오르게 되었다.

제품의 감성적인 디자인과 감성의 객관화를 위한 노력으로 KES-F System 이 존재하고 있지만 그것은 인간의 감성에 대한 연구보다는 제품, 곧 fabric의 역학적 특성을 조사하여 그것을 단순히 수식화하는데 그쳤다.

우리는 인간의 감성과 관련하여 인간이 제품을 만질 때 느낄 수 있는 감각과 그 감각의 원인이 되는 여러 요소들을 연구하여, 감성적인 제품의 디자인에서 실생활에 직접 응용할 수 있는 판단 기준을 마련하려고 하였다.

특히, 섬유제품의 표면 거칠기에 대한 연구를 통해, 인간이 섬유제품에서 느끼는 촉감과 그러한 촉감을 느끼게 하는 여러 물리적, 기계적 요인들과의 관계를 조사하고, 인간이 제품을 만질 때 느끼는 감성을 객관화하여 감성적인 제품의 생산에 응용할 수 있는 자료를 마련해 보고자 한다.

2. 표면거칠기 측정

인간이 직물을 만질 때 촉감을 느끼게 하는 많은 요인 중 직물의 표면 거칠기는 촉감에 직접적인 영향을 주는 요소이다. 표면 거칠기를 측정하여 촉감에 대하여 표면 거칠기가 미치는 영향과 표면의 거칠기 정도를 좌우하는 요소들에 대하여 연구보고자 하였다. 또한 표면의 미세한 변화를 측정할 수 있고,

일정한 속도로 직물 표면을 측정할 수 있도록 표면 거칠기 측정 장치를 설계하였다. 우리는 Fig. 1 과 같은 장치를 통하여 직물의 표면 거칠기를 측정하였다.

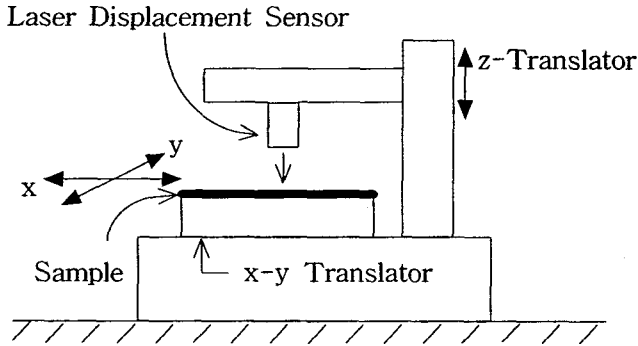


Fig. 1 Schematic Diagram of Roughness Measuring System

분해능이 $1\mu\text{m}$ 이고 5 mm 까지 측정이 가능한 laser displacement sensor를 이용하여 직물의 표면 거칠기를 측정하였고, 직물과 laser displacement sensor와의 거리는 Z translator를 통해 조절할 수 있도록 하였다. 또한 x-y translator를 통해 x축과 y 축으로의 이동 속도를 정밀하게 제어할 수 있도록 제작하였다.

Table위에 놓여진 sample의 양끝에는 일정한 무게의 추를 달아 직물의 주름을 없애고, 측정 중 변형이 없도록 하였다. laser displacement sensor로부터 측정된 표면 거칠기 값은 volt의 단위로 나오는데 이를 컴퓨터를 통하여 mm 단위로 환산하여 이용하였고 초당 75개의 data를 받았다.

겨울 남성용 양복지 sample 10개를 추출하여, 임의로 각 양복지에 1번부터 10번까지 번호를 매겼다. 1 mm/sec의 속도로 x-y translator를 이동시켜 표면 거칠기를 측정하였으며, 경사방향으로 위에서 아래로, 아래서 위로의 두 번의 실험을 행하였고, 위사방향으로도 좌에서 우로, 우에서 좌로 두 번의 실험을 행하여 그 값을 저장하였다. x-y translator의 이동속도는 1 mm/sec로 하였고, 대략 13초 동안 실험을 하여 13 mm의 직물의 표면 거칠기를 측정하였다.

Fig. 2와 Fig. 3은 1번 직물과 5번 직물의 표면 거칠기 정도를 그래프로 나타낸 것이다. Fig. 2의 1번 직물은 wool과 cashmere의 혼용 직물로 4매 능직의

조직을 가지고 있어서 표면 거칠기의 정도의 변화가 심했고, Fig. 3의 5번 직물은 1번과 같은 wool과 cashmere의 혼용으로 실 두가닥을 함께 제직한 평직의 조직을 가지고 있어서 Fig. 2의 1번 직물에 비해 일정길이를 주기로 해서 확실하게 경계가 나뉘어 있는 표면 거칠기의 정도를 보여주었다.

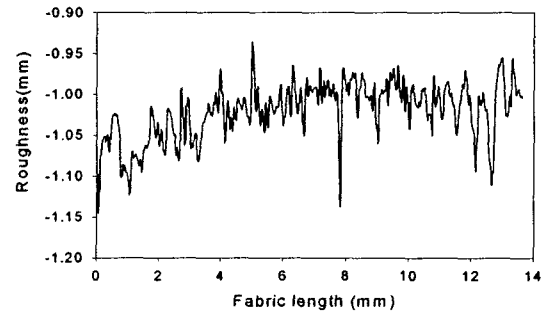


Fig. 2 Surface Roughness for Weft Direction of Fabric # 1

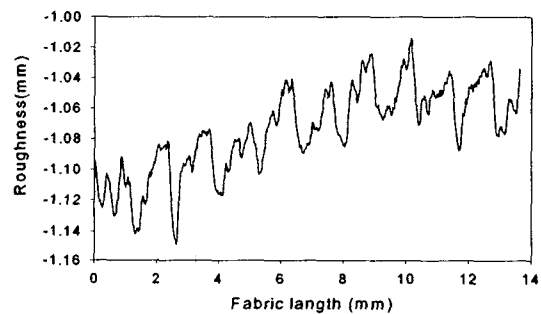


Fig. 3 Surface Roughness for Warp Direction of Fabric # 5

3. FFT 해석

Fast Fourier Transform은 시간함수로 표시된 data들의 시간에 대한 반복 주기를 찾아내어 frequency domain으로 변환시켜주는 방법이다. 시간함수를 FFT하게 되면 그 data의 중첩된 반복주기들을 분리해 낼 수 있고, 이 값을 통해 직물의 표면 거칠기가 어떠한 주기로 측정되며, 이러한 주기가 생기는 원인이 무엇인지에 대해 분석할 수 있다.

표면 거칠기 측정장치로부터 측정된 10개의 sample 직물의 표면 거칠기를 FFT로 변환하여 보았다. 표면 거칠기의 FFT 변환은 Matlab을 사용하여 구하였고, 75 Hz로 sampling 하였으므로 data의

정확한 분석을 위하여 9 Hz 까지의 FFT값만 구하였다.

Fig. 4 와 Fig. 5 는 1번 직물과 5번 직물의 표면 거칠기에 대한 FFT를 나타낸 것이다. 그림에서 보는바와 같이 몇 개의 peak들이 graph 상에 나타나 있는 것을 알 수 있다. Fig. 5 를 보면 0.75 Hz 와 1.5 Hz, 3.2 Hz 에서 확실한 형태의 peak가 나타나고 있다.

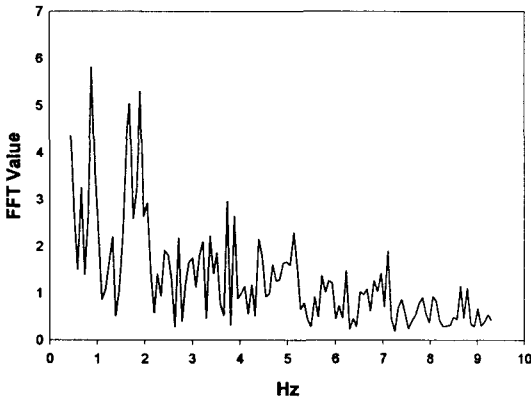


Fig. 4 FFT of Surface Roughness for Weft Direction of Fabric # 1

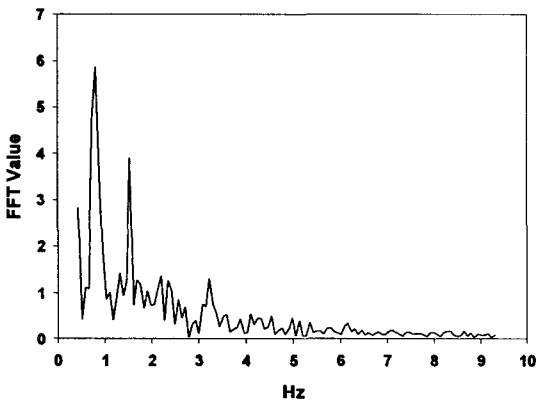


Fig. 5 FFT of Surface Roughness for Warp Direction of Fabric # 5

Fig. 6은 1번 직물의 구조를 현미경으로 60배 확대한 영상이다. 이 직물은 4매 능직의 조직을 가지고 있으며, Fig. 4의 FFT 결과와 비교해 보면 표면 거칠기의 FFT 값과 직물 조직과의 관계를 더 확실하게 알 수 있을 것이다. Fig. 4 에서 볼 수 있는 peak들은 직물 표면의 형태와 관계를 가지는데 3.65

에서 나타나고 있는 3rd peak는 Fig. 6에 보여진 직물 표면의 실 한가닥이 반복되는 주기, 곧 직물의 경,위사 밀도와 일치한다. 또한 1.6 Hz에서 나타나는 2nd peak는 직물의 실 2가닥이 모여 이루어진 단위의 주기와 일치하고 0.85 Hz에서 나타나는 1st peak는 실 4올로 이루어진 4매 능직의 기본 단위의 주기와 일치하는 결과를 나타내고 있다.

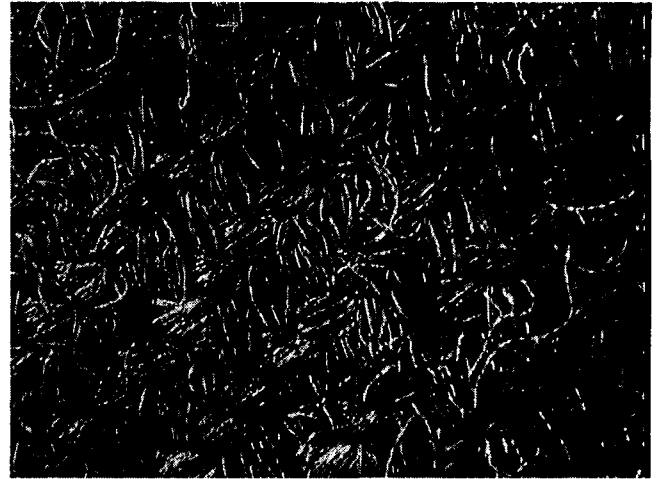


Fig. 6 Surface Image of Fabric # 1

Table 1. Density and FFT Peak of Fabric

직물	경사 밀도 (/cm)	위사 밀도 (/cm)	FFT Peak(Hz)			FFT Peak(Hz)		
			경사방향			위사방향		
			1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd
1	36.6	30	0.75	1.5	3	0.85	1.6	3.65
2	33.2	29.7	0.8	1.3	3	0.8	1.6	2.9
3	40.5	29.8	0.7	1.6	2.6	1	1.8	3.8
4	38.7	29.6	0.7	1.5	2.8	0.95	1.8	3.9
5	39.6	29.8	0.75	1.5	3.2	0.95	1.9	3.6
6			0.6	1.45	2.4	0.55	1.1	2.2
7	38.6	30.8	0.8	1.45	3	0.9	1.8	3.6
8	44.5	34.3	0.85	1.75	3.4	1.1	2	4.15
9	36.9	32.1	0.8	1.75	3.2	0.9	1.75	3.4
10	42.8	36.2	0.9	1.9	3.4	1.1	2.1	3.7

Table 1. 은 10개의 직물에 대한 경, 위사 밀도와 표면 거칠기의 FFT 값에 대한 3개의 peak 값을 구해서 적어 놓은 것이다. 직물의 경, 위사 밀도는 각 직물의 구조를 현미경을 통해 1mm 안의 경, 위사의 개수를 육안 분석하여 나타내었다. Fig. 7 은 10개의 직물의 경사밀도와 위사방향의 표면 거칠기를 FFT 한 값의 1st peak 와의 상관관계를 graph를 통해 나

타낸 것이고 Fig. 8 은 경사밀도와 3rd peak 와의 상관 관계를 graph를 통해 나타낸 것이다. Fig. 7과 Fig. 8 모두 직물의 경, 위사 밀도와 아주 높은 상관 관계를 가지고 있음을 볼 수 있었다.

그런데, 여기서 직물의 경, 위사 밀도와 직접적인 관계를 가지는 3rd peak 보다 1st peak 가 경, 위사 밀도와 더 높은 상관관계를 가지고 있었는데, 직물 표면에 존재하는 잔털이 직물의 표면 거칠기에 큰 영향을 미치기 때문이다. 특히 높은 주기로 올라갈 수록 잔털의 영향이 크게 나타나서 3rd peak의 경우 직물의 잔털에 영향을 받아 정확한 위치에서 peak를 나타내지 못하고 있었다. 실제로 잔털이 많은 직물 일수록 FFT 결과에 나타나는 peak의 수가 많아지거나 peak가 아주 불분명하게 나타나고 있는 것을 발견할 수 있었다.

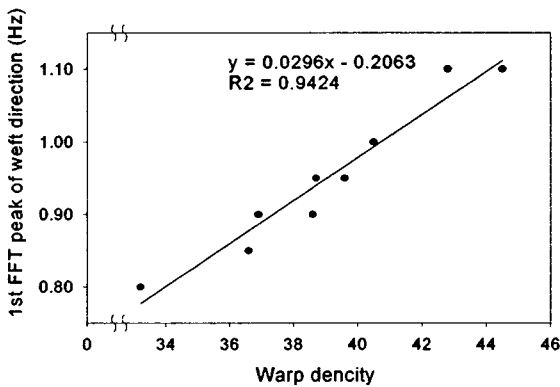


Fig. 7 Relation between Warp Density & 1st FFT Peak of Weft Direction

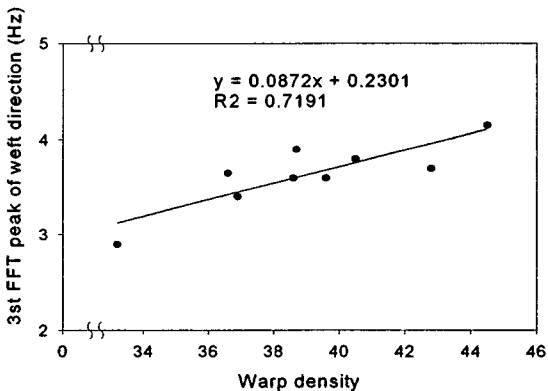


Fig. 8 Relation between Warp Density & 3rd FFT Peak of Weft Direction

4. 잔털량의 측정

표면 거칠기에 영향을 주는 잔털량이 인간의 주관적인 감각과는 어떠한 관계를 가지는지 연구하여 보았다.

직물의 잔털량은 10개의 직물 sample에서 각각 10가닥의 실을 채취하여 현미경을 통해 확대하여 측정하였다. Fig. 9에서 보는 바와 같이 640 * 480 의 크기로 얻어진 영상의 실제 크기는 가로 10 mm, 세로 7.5 mm이다. 이 영상을 흰색 grid를 통해 실제 한 번의 길이가 0.25 mm인 box로 40 * 30 등분하여 그 box를 하나의 unit으로 정하고, 잔털이 포함되어 있는 unit의 개수를 세어 그 값을 잔털량으로 정의하였다. 이렇게 구해진 10가닥의 실에 대한 잔털량을 평균하여 사용하였다. 또한 실에 있는 잔털의 가닥수를 세어 이 값을 잔털수라고 정의하여 사용하였다.

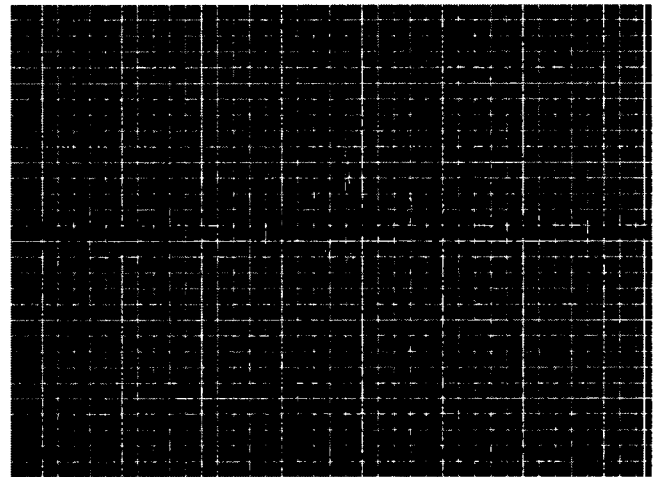


Fig. 9 Yarn and Fur Image of on The Grid

직물에 대한 주관적인 감성값의 측정을 위해 10개의 직물 sample을 KES-F System으로 각 값들을 측정하고, KOSHI, NUMERI, FUKURAMI 값과 Total Hand Value의 값을 구해 보았다. Table 2 는 10개의 직물 Sample 에 대한 잔털량, 잔털수와 KOSHI, NUMERI, FUKURAMI, T.H.V의 값이다.

Fig. 10은 잔털량과 T.H.V 값과의 상관관계를 graph로 나타낸 것이고 Fig. 11은 잔털수와 NUMERI와의 상관관계를 graph로 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 잔털량이 증가할수록 T.H.V 의 값이 감소하고, 잔털수가 증가할수록 NUMERI의 값이 감소함을 알 수 있다.

Table 2. Relation between Fur and Hand Value

직물	잔털량	잔털수	KOSHI	NUMERI	FUKURAMI	T.H.V
1	44.2	16.8	3.25	7.93	5.87	4.48
2	100.8	32	3.4	7.68	6.18	4.36
3	118.6	50.8	3.24	7.22	5.25	3.97
4	53.4	21	3.12	8.04	5.51	4.49
5	55.4	20.2	2.79	7.86	5.57	4.26
6	79.6	26.8	2.28	8.43	5.91	4.51
7	150.2	50.8	2.5	7.77	5.88	4.12
8	109	30.4	1.65	8.12	6.87	4.01
9	96.8	38.6	3.38	7.34	5.1	4.06
10	41.2	21.8	3	8.38	5.19	4.67

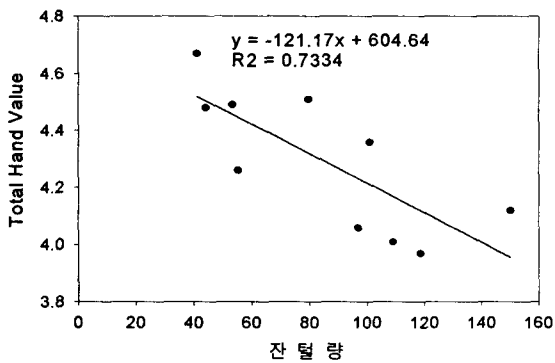


Fig. 10 Relation between Amount of Furs and T.H.V.

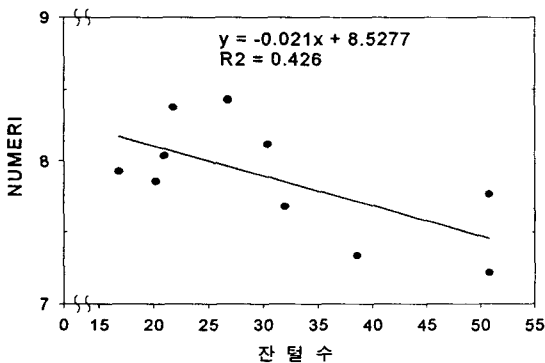


Fig. 11 Relation between Account of Furs and NUMERI

5. 결론

직물 표면 거칠기를 FFT한 결과, 직물의 조직과 깊은 상관관계를 가지며, 직물의 구조를 수식화 해

서 표현할 수 있는 좋은 방법이 됨을 알았다. 직물의 잔털이 표면 거칠기에 큰 영향을 준다는 것을 알 수 있었다.

또한 직물의 잔털량을 측정하는 새로운 방법을 시도하여 그 값과 주관적인 인간의 감각을 대표하는 NUMERI, T.H.V 값과의 상관관계가 높음을 보았고, 잔털량이 인간의 주관적인 감각을 객관적으로 표현할 수 있는 한 요소로 사용될 수 있다는 것을 확인하였다.

6. 참고서적

- 1) P. W. Harrison (1996), "Fabric : Sensory and Mechanical Properties", Textile Progress 26, (3)
- 2) K. L. Johnson. "Contact Mechanics" University of Cambridge.
- 3) John L. "Andreassi, *Psychophysiology : Human Behavior and Physiological Response*", Third edition, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, 1995
- 4) R. Andrew Russell, "Robot Tactile Sensing", Prentice Hall, 1990
- 5) K.E. Atkinson, "An Introduction To Numerical Analysis", John Wiley and Sons, 1989.
- 6) Sueo Kawabata , "The Standardization and Anlysys of Hand Evaluation" ,The Textile Machinery Society of Japan, 1997
- 7) Delors M. Etter , "Engineering Problem Solving with MATLAB", Prentice Hall Inc, p260-262, 1997
- 8) J. W. S. Hearle, "Structural Mechanics of Fibers, Yarns, and Fabrics" Vol. 1, 1969
- 9) Lawrence Kruger, "Pain and Touch", Academic Press, 1996
- 10) Victor Wowk, "Machinery Vibration", 1991
- 11) Y. H. Kwon, D. I. Kang, "Application of 3-Component Load Cell to Surface Characteristics Measurement System for Tactile Perception", IMEKO '98, 1998
- 12) S. U. Hwang, Y. H. Kwon, J. S. Kang, "Analysis of Viscoelastic Properties on Thickness Direction of Fabrics for Human Touch Feeling", ATC '99, 1999
- 13) S. M. Lee, Y. H. Kwon, J. S. Moon, "Correlation between Surface Characteristics and Tactile Perception", ATC '99, 1999