



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년03월19일
(11) 등록번호 10-1959880
(24) 등록일자 2019년03월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 5/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류

A61B 5/00 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0153214

(22) 출원일자 2017년11월16일

심사청구일자 2017년11월16일

(56) 선행기술조사문헌

KR101791927 B1

(73) 특허권자

인천대학교 산학협력단

인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)

(72) 발명자

김광택

인천광역시 연수구 송도과학로51번길 136(송도동, 송도 캐슬&해모로)

(74) 대리인

특허법인충정

전체 청구항 수 : 총 15 항

심사관 : 이재균

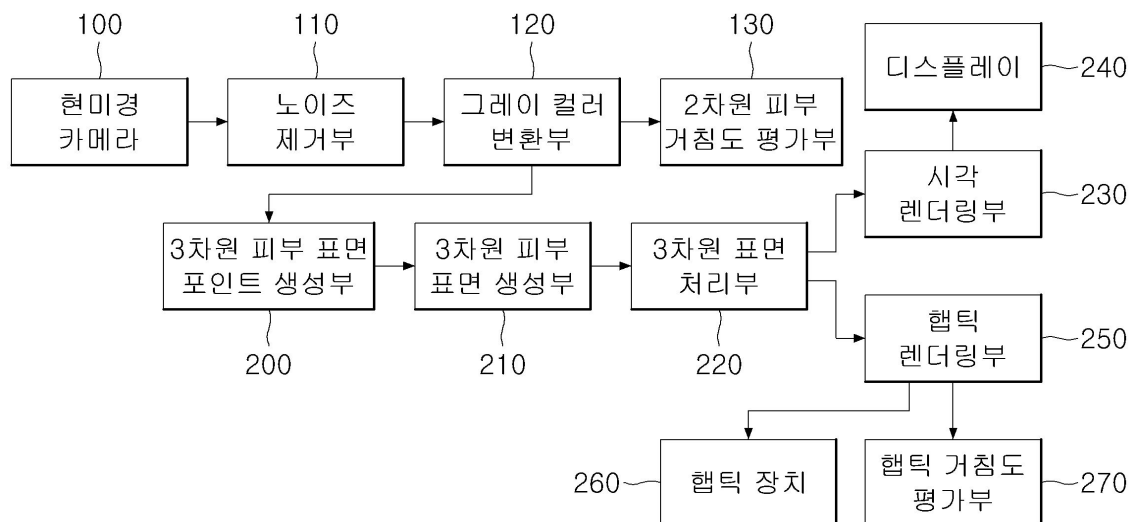
(54) 발명의 명칭 생체 피부의 햅틱 거침도 평가 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 생체 피부의 햅틱 거침도 평가 장치 및 방법에 관한 것으로, 특히 햅틱 프로브 궤적의 거침도를 평가하여 사용자가 실제 감각하는 느낌을 평가할 수 있도록 한 생체 피부의 햅틱 거침도 평가 장치 및 방법에 관한 것이다.

(뒷면에 계속)

대표도



또한, 본 발명에 따르면, 현미경 카메라로 촬영한 2차원 피부 표면 영상을 그레이 영상으로 변환하는 그레이 컬러 변환부; 상기 그레이 영상의 각각의 픽셀에 대하여 강도 레벨을 깊이 데이터로 변환하여 3차원 피부 표면 포인트들을 형성하는 3차원 피부 표면 포인트 생성부; 상기 3차원 피부 표면 포인트들을 메시로 연결하여 3차원 피부 표면 영상을 형성하는 3차원 피부 표면 생성부; 상기 3차원 피부 표면 영상에 기반하여 시각적 3차원 피부 표면을 생성하기 위한 시각 렌더링부; 상기 3차원 피부 표면 영상에 기반하여 촉각적 3차원 피부 표면을 생성하는 햅틱 렌더링부; 및 햅틱 프로브가 상기 촉각적 3차원 피부 표면과 충돌하는 동안 햅틱 프로브 궤적을 연속적으로 측정하여 햅틱 거침도를 평가하는 햅틱 거침도 평가부를 포함하는 생체 피부의 햅틱 거침도 평가 장치 및 방법을 제공한다.

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

현미경 카메라로 촬영한 2차원 피부 표면 영상을 그레이 영상으로 변환하는 그레이 컬러 변환부;

상기 그레이 영상의 각각의 픽셀에 대하여 강도 레벨을 깊이 데이터로 변환하여 3차원 피부 표면 포인트들을 형성하는 3차원 피부 표면 포인트 생성부;

상기 3차원 피부 표면 포인트들을 메시로 연결하여 3차원 피부 표면 영상을 형성하는 3차원 피부 표면 생성부;

상기 3차원 피부 표면 영상에 기반하여 시각적 3차원 피부 표면을 생성하기 위한 시각 렌더링부;

상기 3차원 피부 표면 영상에 기반하여 촉각적 3차원 피부 표면을 생성하는 햅틱 렌더링부; 및

햅틱 프로브가 상기 촉각적 3차원 피부 표면과 충돌하는 동안 햅틱 프로브 궤적을 연속적으로 측정하여 햅틱 거침도를 평가하는 햅틱 거침도 평가부를 포함하는 생체 피부의 햅틱 거침도 평가 장치.

청구항 2

청구항 1항에 있어서,

상기 그레이 영상을 구성하는 각 픽셀에 대하여 픽셀별 거침도를 구하고, 이를 합산하여 평균 표면 거침도를 구함으로써 2차원 피부 거침도를 평가하는 2차원 피부 거침도 평가부를 더 포함하는 생체 피부의 햅틱 거침도 평가 장치.

청구항 3

청구항 2항에 있어서,

상기 2차원 피부 거침도 평가부는 상기 그레이 영상의 각 픽셀에 대하여, 인접하는 픽셀들과 강도 레벨 차이를 구하여, 상기 강도 레벨 차이들을 합산하여 픽셀별 거침도를 구하는 생체 피부의 햅틱 거침도 평가 장치.

청구항 4

청구항 3항에 있어서,

상기 2차원 피부 거침도 평가부는 상기 그레이 영상을 구성하는 픽셀들에 대한 픽셀별 거침도를 합산하고 평균을 구하여 평균 표면 거침도를 구하여 2차원 피부 표면 거침도를 평가하는 생체 피부의 햅틱 거침도 평가 장치.

청구항 5

청구항 1항에 있어서,

상기 현미경 카메라에서 촬영한 2차원 피부 표면 영상의 노이즈를 제거하는 노이즈 제거부를 더 포함하는 생체 피부의 햅틱 거침도 평가 장치.

청구항 6

청구항 1항에 있어서,

상기 햅틱 렌더링부는 햅틱 프로브의 위치 정보에 응답하여 저항력을 계산하며,

사용자의 조작에 따라 상기 햅틱 프로브의 위치를 가변하여 위치 정보를 상기 햅틱 렌더링부로 전송하고, 상기 저항력을 수신하여 상기 사용자에게 촉각 자극을 제공하는 햅틱 장치; 및

상기 시각적 3차원 피부 표면을 표시하기 위한 위한 디스플레이를 더 포함하는 생체 피부의 햅틱 거침도 평가 장치.

청구항 7

청구항 1항에 있어서,

상기 3차원 피부 표면 생성부에서 생성한 3차원 피부 표면 영상의 3차원 노이즈를 제거하는 3차원 표면 처리부를 더 포함하는 생체 피부의 햅틱 거침도 평가 장치.

청구항 8

청구항 1항에 있어서,

상기 햅틱 거침도 평가부는 햅틱 프로브 궤적(HPT)을 수학식 3과 같이 정의하는 생체 피부의 햅틱 거침도 평가 장치.

(수학식 3)

$$HPT = RSS + N \cdot \delta + \varepsilon$$

여기에서, N은 삼각형면에서 표면 법선 벡터이고, 델타(δ)는 햅틱 프로브(HP)와 촉각적 3차원 피부 표면(RSS) 사이의 유클리드 거리이며, ε 은 오차를 나타낸다.

청구항 9

청구항 8항에 있어서,

상기 햅틱 거침도 평가부는 접촉선별 거침도를 햅틱 프로브 궤적과 중간값(mean)의 차이를 이용하여 산출한 후에, 촉각적 3차원 피부 표면의 모든 접촉선에 대한 접촉선별 거침도를 합산한 후에 평균을 취하여 햅틱 거침도를 산출하여 평가하는 생체 피부의 햅틱 거침도 평가 장치.

청구항 10

(A) 그레이 컬러 변환부가 현미경 카메라로 촬영한 2차원 피부 표면 영상을 그레이 영상으로 변환하는 단계;

(B) 3차원 피부 표면 포인트 생성부가 상기 그레이 영상의 각각의 픽셀에 대하여 강도 레벨을 깊이 데이터로 변환하여 3차원 피부 표면 포인트들을 형성하는 단계;

(C) 3차원 피부 표면 생성부가 상기 3차원 피부 표면 포인트들을 메시로 연결하여 3차원 피부 표면 영상을 형성하는 단계;

(D) 시각 렌더링부가 상기 3차원 피부 표면 영상에 기반하여 시각적 3차원 피부 표면을 생성하기 위한 단계;

(E) 햅틱 렌더링부가 상기 3차원 피부 표면 영상에 기반하여 촉각적 3차원 피부 표면을 생성하는 단계; 및

(F) 햅틱 거침도 평가부가 햅틱 프로브가 상기 촉각적 3차원 피부 표면과 충돌하는 동안 햅틱 프로브 궤적을 연속적으로 측정하여 햅틱 거침도를 평가하는 단계를 포함하는 생체 피부의 햅틱 거침도 평가 방법.

청구항 11

청구항 10항에 있어서,

(G) 2차원 피부 거침도 평가부가 상기 그레이 영상을 구성하는 각 픽셀에 대하여 픽셀별 거침도를 구하고, 이를 합산하여 평균 표면 거침도를 구함으로써 2차원 피부 거침도를 평가하는 단계를 더 포함하는 생체 피부의 햅틱 거침도 평가 방법.

청구항 12

청구항 11항에 있어서,

상기 (G) 단계에서 상기 2차원 피부 거침도 평가부는 상기 그레이 영상의 각 픽셀에 대하여, 인접하는 픽셀들과 강도 레벨 차이를 구하여, 상기 강도 레벨 차이들을 합산하여 픽셀별 거침도를 구하는 생체 피부의 햅틱 거침도 평가 방법.

청구항 13

청구항 12항에 있어서,

상기 (G) 단계에서 상기 2차원 피부 거침도 평가부는 상기 그레이 영상을 구성하는 픽셀들에 대한 픽셀별 거침도를 합산하고 평균을 구하여 평균 표면 거침도를 구하여 2차원 피부 표면 거침도를 평가하는 생체 피부의 햅틱 거침도 평가 방법.

청구항 14

청구항 10항에 있어서,

상기 (F) 단계에서 상기 햅틱 거침도 평가부는 햅틱 프로브 궤적(HPT)을 수학식 3과 같이 정의하는 생체 피부의 햅틱 거침도 평가 방법.

(수학식 3)

$$HPT = RSS + N \cdot \delta + \varepsilon$$

여기에서, N은 삼각형면에서 표면 법선 벡터이고, 델타(δ)는 햅틱 프로브(HP)와 촉각적 3차원 피부 표면(RSS) 사이의 유클리드 거리이며, ε 은 오차를 나타낸다.

청구항 15

청구항 14항에 있어서,

상기 (F) 단계에서 상기 햅틱 거침도 평가부는 접촉선별 거침도를 햅틱 프로브 궤적과 중간값(mean)의 차이를 이용하여 산출한 후에, 촉각적 3차원 피부 표면의 모든 접촉선에 대한 접촉선별 거침도의 합산을 구한 후에 평균을 취하여 햅틱 거침도를 산출하여 평가하는 생체 피부의 햅틱 거침도 평가 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 생체 피부의 햅틱 거침도 평가 장치 및 방법에 관한 것으로, 특히 햅틱 프로브 궤적의 거침도를 평가하여 사용자가 실제 감각하는 느낌을 평가할 수 있도록 한 생체 피부의 햅틱 거침도 평가 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 사람의 피부의 표면 기계적 성질은 피부 질환이나 피부 관리 조건을 결정하기 위한 중요한 단서를 제공하기 때문에 다양한 방법을 사용하여 측정되었다(COOK et al., 1977; YAMAMOTO et al., 1986; YAMADA et al., 2017; PIANTANELLI et al., 2005).

[0003] 이러한 특성의 거침도(roughness)는 건선(RING et al., 2000), 아토피성 습진(FADZIL et al., 2010), 노화(TROJAHN et al., 2015; LAGARDE et al., 2005; MADAKI., 2010) 및 미용 요법(PENA et al., 2010; SCHRADER et al., 1991; LEVY et al., 2004; KIM et al., 2007; KAWADA et al., 2008)과 같은 피부 질환을 검사하는데 널리 사용되었다.

[0004] 피부 거침도를 측정하는 동안 2 차 감염과 피해를 피하기 위해 레이저 스캐닝 장치(FIEDMAN et al., 2002) 또는 광학 카메라(LAGARDE et al., 2005; KOTTNER et al., 2013)를 사용하는 다양한 비접촉 방식이 지난 수십 년 동안 연구자들에 의해 개발되어 왔다.

[0005] 이와 같은 측정 기술의 진보에도 불구하고(PENA et al., 2010; SCHRADER and BIELFELDT., 1991; FRIEDMAN et al., 2002; KOTTNER et al., 2013, BLOEMEN et al., 2011), 피부 질환을 더 잘 진단하고 생체 내 피부 표면의 촉각 특성을 알 수 있도록 손으로 촉진할 필요가 있었다.

[0006] 그러나 생체 내 피부 표면을 직접 만지면 2 차 감염이나 손상이 발생할 수 있다.

[0007] 감염 및 손상이 없는 피부 촉감의 필요성을 충족시키기 위해 햅틱 피부 렌더링 시스템의 개발이 몇 년 전에 시작되었고 햅틱 피드백 장치와 통합된 피부 이미징 시스템의 첫 번째 프로토타입이 2 년 전에 의료 분야의 피부과 의사, 엔지니어 및 과학자들의 공동 작업으로 개발되었다(LEE et al., 2014). 또한, 소프트웨어 관점에서 피부 표면과 거침도를 분석하기 위한 새로운 인식 기반 렌더링 알고리즘이 도입되었다(KIM and LEE, 2015; KIM, 2016).

[0008] 그러나 햅틱 피부 진단 시스템은 주어진 거친 피부 렌더링 이미지와 햅틱 렌더링을 위한 최소 업데이트 속도로 1 KHz 업데이트 속도를 요구하는 정밀한 거친 렌더링 및 렌더링 성능 측면에서 여전히 유아 단계에 있다. 또한 햅틱 거침도 측정 방법이 아직 도입되지 않았다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 공개번호10-2015-004276호

(특허문헌 0002) 등록번호 10-1772320호

비특허문헌

[0010] (비특허문헌 0001) 1) AKBARI, A. A., FARD, A. M., & CHEGINI, A. G. (2006). An effective image based surface roughness estimation approach using neural network. In Automation Congress, 2006. WAC'06. World (pp. 1-6). IEEE.

(비특허문헌 0002) 2) BLOEMEN, M. C., VAN GERVEN, M. S., VAN DER WAL, M. B., VERHAEGEN, P. D., & MIDDELKOOP, E. (2011). An objective device for measuring surface roughness of skin and scars. Journal of the American Academy of Dermatology, 64(4), 706-715.

(비특허문헌 0003) 3) COOK T., ALEXANDER, H., & COHEN, M. (1977). Experimental method for determining the 2-dimensional mechanical properties of living human skin. Medical and Biological Engineering and Computing, 15(4), 381-390.

(비특허문헌 0004) 4) FADZIL, M. A., PRAKASA, E., FITRIYAH, H., NUGROHO, H., AFFANDI, A. M., & HUSSEIN, S. H. (2010). Validation on 3D surface roughness algorithm for measuring roughness of psoriasis lesion. Biological and Biomedical Sciences, 7(4), 205-210

(비특허문헌 0005) 5) FRIEDMAN, P. M., SKOVER, G. R., PAYONK, G., KAUVAR, A. N., & GERONEMUS, R. G. (2002). 3D in-vivo optical skin imaging for topographical quantitative assessment of non-ablative laser technology. Dermatologic surgery, 28(3), 199-204.

(비특허문헌 0006) 6) KAWADA, A., KONISHI, N., OISO, N., & KAWARA, S. (2008). Evaluation of anti-wrinkle effects of a novel cosmetic containing niacinamide. The Journal of dermatology, 35(10), 637-642.

(비특허문헌 0007) 7) KIM, E., NAM, G. W., KIM, S., LEE, H., MOON, S., & CHANG, I. (2007). Influence of polyol and oil concentration in cosmetic products on skin moisturization and skin surface roughness. Skin Research and Technology, 13(4), 417-424.

(비특허문헌 0008) 8) KIM, K., & LEE, S. (2015). Perception-based 3D tactile rendering from a single image for human skin examinations by dynamic touch. Skin Research and Technology, 21(2), 164-174.

(비특허문헌 0009) 9) KIM, K. (2016). Roughness based perceptual analysis towards digital skin imaging system with haptic feedback. Skin Research and Technology, 22:334-340.

(비특허문헌 0010) 10) KOTTNER, J., SCHARIO, M., BARTELS, N. G., PANTCHECHNIKOVA, E., HILLMANN, K., & BLUME-PEYTAVI, U. (2013). Comparison of two in vivo measurements for skin surface topography. Skin Research and Technology, 19(2), 84-90.

(비특허문헌 0011) 11) LAGARDE, J. M., ROUVRAIS, C., & BLABK, D. (2005). Topography and anisotropy of the skin surface with ageing. Skin Research and Technology, 11(2), 110-119.

(비특허문헌 0012) 12) LEE, O., LEE, K., OH, C., KIM, K., & KIM, M. (2014). Prototype tactile feedback system for examination by skin touch. Skin Research and Technology, 20(3), 307-314

(비특허문헌 0013) 13) LEVY, J. L., SERVANT, J. J., & JOUVE, E. (2004). Botulinum toxin A: a 9-month

clinical and 3D in vivo profilometric crow's feet wrinkle formation study. Journal of Cosmetic and Laser Therapy, 6(1), 16-20.

(비특허문헌 0014) 14) Lim, J. S. (1990). Two-dimensional signal and image processing. Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall, 1990, 710 p.

(비특허문헌 0015) 15) LOU, M. S., CHEN, J. C., & LI, C. M. (1998). Surface roughness prediction technique for CNC endmilling. Journal of Industrial Technology, 15(1), 1-6.

(비특허문헌 0016) 16) MASAKI, H. (2010). Role of antioxidants in the skin: anti-aging effects. Journal of dermatological science, 58(2), 85-90.

(비특허문헌 0017) 17) PENA FERREIRA, M. R., COSTA, P. C., & BAHIA, F. M. (2010). Efficacy of anti-wrinkle products in skin surface appearance: a comparative study using non-invasive methods. Skin Research and Technology, 16(4), 444-449.

(비특허문헌 0018) 18) PIANTANELLI, A., MAPONI, P., SCALISE, L., SERRESI, S., CIALABRINI, A., & BASSO, A. (2005). Fractal characterisation of boundary irregularity in skin pigmented lesions. Medical and Biological Engineering and Computing, 43(4), 436-442.

(비특허문헌 0019) 19) PHONG, B. T. (1975). Illumination for computer generated pictures. Communications of the ACM, 18(6), 311-317.

(비특허문헌 0020) 20) RING, J., EBERLEIN-KONIG, B., SCHAFER, T., HUSS-MARP, J., DARSOW, U., MOHRENSCHLAGER, M., & BEHRENDT, H. (2000). Skin surface pH, stratum corneum hydration, trans-epidermal water loss and skin roughness related to atopic eczema and skin dryness in a population of primary school children: clinical report. Acta Dermatology-Venerology, 80, 188-191.

(비특허문헌 0021) 21) RUSPINI, D. C., KOLAROV, K., & KHATIB, O. (1997, August). The haptic display of complex graphical environments. In Proceedings of the 24th annual conference on Computer graphics and interactive techniques (pp. 345-352). ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co.

(비특허문헌 0022) 22) SCHRADER, K., & BIELFELDT, S. (1991). Comparative studies of skin roughness measurements by image analysis and several in vivo skin testing methods. J Soc Cosmet Chem, 42(6), 385-91.

(비특허문헌 0023) 23) TROJAHN, C and DOBOS, G and SCHARIO, M and LUDRIKSONE, L and BLUME-PEYTAVI, U and KOTTNER, J. Relation between skin micro-topography, roughness, and skin age. Skin Research and Technology 21.1 (2015): 69-75.

(비특허문헌 0024) 24) YAMADA, H., INOUE, Y., SHIMOKAWA, Y., & SAKATA, K. (2017). Skin stiffness determined from occlusion of a horizontally running microvessel in response to skin surface pressure: a finite element study of sacral pressure ulcers. Medical & biological engineering & computing, 55(1), 79-88.

(비특허문헌 0025) 25) YAMAMOTO, Y., & YAMAMOTO, T. (1986). Characteristics of skin admittance for dry electrodes and the measurement of skin moisturisation. Medical and Biological Engineering and Computing, 24(1), 71-77.

발명의 내용

해결하려는 과제

본 발명은 상기와 같은 필요를 충족시키기 위하여 안출된 것으로, 햅틱 프로브 궤적의 거침도를 평가하여 사용자가 실제 감각하는 느낌을 평가할 수 있도록 한 생체 피부의 햅틱 거침도 평가 장치 및 방법을 제공하는 데 있다.

[0011]

과제의 해결 수단

- [0012] 본 발명의 장치는 현미경 카메라로 촬영한 2차원 피부 표면 영상을 그레이 영상으로 변환하는 그레이 컬러 변환부; 상기 그레이 영상의 각각의 픽셀에 대하여 강도 레벨을 깊이 데이터로 변환하여 3차원 피부 표면 포인트들을 형성하는 3차원 피부 표면 포인트 생성부; 상기 3차원 피부 표면 포인트들을 메시로 연결하여 3차원 피부 표면 영상을 형성하는 3차원 피부 표면 생성부; 상기 3차원 피부 표면 영상에 기반하여 시각적 3차원 피부 표면을 생성하기 위한 시각 렌더링부; 상기 3차원 피부 표면 영상에 기반하여 촉각적 3차원 피부 표면을 생성하는 햅틱 렌더링부; 및 햅틱 프로브가 상기 촉각적 3차원 피부 표면과 충돌하는 동안 햅틱 프로브 궤적을 연속적으로 측정하여 햅틱 거침도를 평가하는 햅틱 거침도 평가부를 포함한다.
- [0013] 또한, 본 발명의 장치는 상기 그레이 영상을 구성하는 각 픽셀에 대하여 픽셀별 거침도를 구하고, 이를 합산하여 평균 표면 거침도를 구함으로써 2차원 피부 거침도를 평가하는 2차원 피부 거침도 평가부를 더 포함한다.
- [0014] 또한, 본 발명의 장치의 상기 2차원 피부 거침도 평가부는 상기 그레이 영상의 각 픽셀에 대하여, 인접하는 픽셀들과 강도 레벨 차이를 구하여, 상기 강도 레벨 차이들을 합산하여 픽셀별 거침도를 구한다.
- [0015] 또한, 본 발명의 장치의 상기 2차원 피부 거침도 평가부는 상기 그레이 영상을 구성하는 픽셀들에 대한 픽셀별 거침도를 합산하고 평균을 구하여 평균 표면 거침도를 구하여 2차원 피부 표면 거침도를 평가한다.
- [0016] 또한, 본 발명의 장치는 상기 현미경 카메라에서 촬영한 2차원 피부 표면 영상의 노이즈를 제거하는 노이즈 제거부를 더 포함한다.
- [0017] 또한, 본 발명의 장치의 상기 햅틱 렌더링부는 햅틱 프로브의 위치 정보에 응답하여 저항력을 계산하며, 사용자의 조작에 따라 상기 햅틱 프로브의 위치를 가변하여 위치 정보를 상기 햅틱 렌더링부로 전송하고, 상기 저항력을 수신하여 상기 사용자에게 촉각 자극을 제공하는 햅틱 장치; 및 상기 시각적 3차원 피부 표면을 표시하기 위한 디스플레이를 더 포함한다.
- [0018] 또한, 본 발명의 장치는 상기 3차원 피부 표면 생성부에서 생성한 3차원 피부 표면 영상의 3차원 노이즈를 제거하는 3차원 표면 처리부를 더 포함한다.
- [0019] 또한, 본 발명의 장치의 상기 햅틱 거침도 평가부는 햅틱 프로브 궤적(HPT)을 수학적 식 3과 같이 정의한다.
- [0020] (수학적 식 3)
- [0021]
$$HPT = RSS + N \cdot \delta + \epsilon$$
- [0022] 여기에서, N은 삼각형면에서 표면 법선 벡터이고, 델타(δ)는 햅틱 프로브(HP)와 촉각적 3차원 피부 표면(RSS) 사이의 유클리드 거리이며, ϵ 은 오차를 나타낸다.
- [0023] 또한, 본 발명의 장치의 상기 햅틱 거침도 평가부는 접촉선별 거침도를 햅틱 프로브 궤적과 중간값(mean)의 차이를 이용하여 산출한 후에, 촉각적 3차원 피부 표면의 모든 접촉선에 대한 접촉선별 거침도를 합산한 후에 평균을 취하여 햅틱 거침도를 산출하여 평가한다.
- [0024] 한편, 본 발명의 방법은 (A) 그레이 컬러 변환부가 현미경 카메라로 촬영한 2차원 피부 표면 영상을 그레이 영상으로 변환하는 단계; (B) 3차원 피부 표면 포인트 생성부가 상기 그레이 영상의 각각의 픽셀에 대하여 강도 레벨을 깊이 데이터로 변환하여 3차원 피부 표면 포인트들을 형성하는 단계; (C) 3차원 피부 표면 생성부가 상기 3차원 피부 표면 포인트들을 메시로 연결하여 3차원 피부 표면 영상을 형성하는 단계; (D) 시각 렌더링부가 상기 3차원 피부 표면 영상에 기반하여 시각적 3차원 피부 표면을 생성하기 위한 단계; (E) 햅틱 렌더링부가 상기 3차원 피부 표면 영상에 기반하여 촉각적 3차원 피부 표면을 생성하는 단계; 및 (F) 햅틱 거침도 평가부가 햅틱 프로브가 상기 촉각적 3차원 피부 표면과 충돌하는 동안 햅틱 프로브 궤적을 연속적으로 측정하여 햅틱 거침도를 평가하는 단계를 포함한다.
- [0025] 또한, 본 발명의 방법은 (G) 2차원 피부 거침도 평가부가 상기 그레이 영상을 구성하는 각 픽셀에 대하여 픽셀별 거침도를 구하고, 이를 합산하여 평균 표면 거침도를 구함으로써 2차원 피부 거침도를 평가하는 단계를 더 포함한다.
- [0026] 또한, 본 발명의 방법의 상기 (G) 단계에서 상기 2차원 피부 거침도 평가부는 상기 그레이 영상의 각 픽셀에 대하여, 인접하는 픽셀들과 강도 레벨 차이를 구하여, 상기 강도 레벨 차이들을 합산하여 픽셀별 거침도를 구한다.

[0027] 또한, 본 발명의 방법의 상기 (G) 단계에서 상기 2차원 피부 거침도 평가부는 상기 그레이 영상을 구성하는 픽셀들에 대한 픽셀별 거침도를 합산하고 평균을 구하여 평균 표면 거침도를 구하여 2차원 피부 표면 거침도를 평가한다.

[0028] 또한, 본 발명의 방법의 상기 (F) 단계에서 상기 햅틱 거침도 평가부는 햅틱 프로브 궤적(HPT)을 수학식 3과 같이 정의한다.

[0029] (수학식 3)

[0030] $HPT = RSS + N \cdot \delta + \epsilon$

[0031] 여기에서, N은 삼각형면에서 표면 법선 벡터이고, 델타(δ)는 햅틱 프로브(HP)와 촉각적 3차원 피부 표면(RSS) 사이의 유클리드 거리이며, ϵ 은 오차를 나타낸다.

[0032] 또한, 본 발명의 방법의 상기 (F) 단계에서 상기 햅틱 거침도 평가부는 접촉선별 거침도를 햅틱 프로브 궤적과 중간값(mean)의 차이를 이용하여 산출한 후에, 촉각적 3차원 피부 표면의 모든 접촉선에 대한 접촉선별 거침도의 합산의 평균을 취하여 햅틱 거침도를 산출하여 평가한다.

발명의 효과

[0033] 생체 내 피부 이미지를 위한 멀티 모달(시각 및 햅틱) 렌더링 시스템이 개발되었다. 개발된 시스템은 하나의 스캔 이미지를 받아 실시간으로 3D 메시로 자동 변환한다.

[0034] 이 시스템은 공간 노이즈 필터링, 그래픽 및 셰이딩 알고리즘을 채택하여 시각화 및 터치 상호 작용을 위한 정밀한 거친 렌더링을 제공하도록 최적화되었다.

[0035] 거칠기 추정을 분석한다. 멀티 모달 렌더링 시스템은 사용자(피부와 전문의 또는 피부 전문가)에게 정확한 가상 촉각 및 피부 검사에 대한 시각적 조사뿐만 아니라 피부 질환을 진단하는 데 중요한 정밀한 피부 거칠기 정보를 제공한다.

[0036] 또한, 인접한 이미지 픽셀을 고려한 새로운 이미지 기반 거칠기 평가 방법이 제안되었으며, 결과는 모든 피부 이미지에서 직접 거칠기를 정량화하는 데 신뢰할 수 있음이 확인되었다.

[0037] 피부 영상을 이용한 터치 검사로 인지된 거칠기를 측정하기 위해 새로운 햅틱 거칠기 평가 방법이 제안되었다. 실험 결과는 제안된 햅틱 거칠기 평가가 피부 질환을 식별하기 위해보다 정보적인 거칠기를 제공할 수 있음을 보여준다.

[0038] 햅틱 거칠기는 사용자가 피부 표면에 실제로 느끼는 것으로 피부 질환을 진단하는 데 중요하다.

[0039] 개발된 햅틱 거칠기 렌더링 시스템은 특히 건선, 아토피성 피부염 또는 노화의 경우에 2 차 감염 또는 손상(접촉 상호 작용에 의해 야기 됨)에 대한 염려 없이 가상 햅틱 촉진에 의해 생체 내 피부 표면의 이상을 진단하는 데 도움이 될 것으로 믿어진다. 이는 피부 거칠기의 중요한 변화를 가져온다.

[0040] 게다가, 이 시스템은 스킨 케어 제품(화장품)을 사용하기 전후의 피부 상태 변화를 검사하는 좋은 도구가 될 수 있다. 또한, 제안된 2D 피부 거칠기 추정 방법은 모바일 어플리케이션에 적용되어 간단한 전화 카메라로 온라인 거칠기 평가 도구를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0041] 도 1은 피부 거침도 평가를 위한 이미지 기반 다차원 (2D 및 3D) 렌더링 시스템을 나타내는 도면이다.

도 2는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 생체 피부의 햅틱 거침도 평가 장치의 구성도이다.

도 3에서 왼쪽은 픽셀별 거침도를 추정하기 위해 사용하는 윈도우를 나타내고, 오른쪽은 중앙 픽셀과 그 인접 픽셀 사이의 픽셀 강도의 차이를 산출하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 4의 (a)는 재구성된 피부 표면(RSS)과 햅틱 렌더링을 나타내며, (b)는 햅틱 장치로 피부 표면(RSS)을 터치하여 얻은 햅틱 궤적을 나타내는 도면이다.

도 5는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 생체 피부의 햅틱 거침도 평가 방법의 흐름도이다.

도 6은 규칙적인 패턴(거칠기)을 가진 실제 플라스틱 표면(60W x 25D mm)을 나타낸다.

도 7은 실제 물체와 함께 정확한 가속도계로 재구성된 촉각적 3차원 피부 표면을 측정하기 위한 실험 장치를 나타내는 도면이다.

도 8은 거침도 평가에 사용되는 입력 피부 영상을 나타낸다.

도 9는 2D 입력 영상으로부터 변환된 메시로 구성된 재구성된 햅틱 피부 표면을 보여준다.

도 10은 3 가지 정상 피부 이미지(도 8의 (a), (b), (c))에서 직접 계산된 2D 거침도 값을 나타내며, 위에 제안된 방법과 아래에 기존의 일반적인 방법을 나타냈다.

도 11은 이미지 기반 거칠기 방법과 6 개의 피부 장애 이미지가 있는 햅틱 거칠기 방법으로 추정된 거칠기 값의 결과를 보여준다.

도 12는 햅틱 렌더링 성능 대 이미지 해상도(픽셀)를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0042] 본 발명과 본 발명의 동작상의 이점 및 본 발명의 실시에 의하여 달성되는 목적을 설명하기 위하여 이하에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하고 이를 참조하여 살펴본다.
- [0043] 먼저, 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로서, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니며, 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다. 또한 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0044] 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다.
- [0045] 피부 거침도 평가를 위한 이미지 기반 다차원 (2D 및 3D) 렌더링 시스템으로, 27 인치 LED 모니터가 장착된 PC(Intel Quad Core Processor i7 6700K, 4GHz, 16GB RAM)에서 Visual C ++, OpenGL 및 Chai3D 라이브러리를 사용하여 다차원(2D 및 3D) 및 멀티 모달(시각 및 촉각) 렌더링 시스템을 개발했다.
- [0046] 도 1을 참조하면, 터치 상호 작용을 위해 상업적 햅틱 장치(Haptic device)인 Geomagic Touch X(3 자유도 힘(force) 피드백, 작업 공간 160 W x 120 H x 120 D mm, 최대 힘 7.9 N)가 통합되어 사용자의 터치와 상호 작용하면서 피부 표면 거칠기를 정밀하게 렌더링한다.
- [0047] 도 2는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 생체 피부의 햅틱 거침도 평가 장치의 구성도이다.
- [0048] 도 2를 참조하면, 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 생체 피부의 햅틱 거침도 평가 장치는 현미경 카메라(100), 노이즈 제거부(110), 그레이 컬러 변환부(120), 2차원 피부 거침도 평가부(320), 3차원 피부 표면 포인트 생성부(200), 3차원 피부 표면 생성부(210), 3차원 표면 처리부(220), 시각 렌더링부(230), 디스플레이(240), 햅틱 렌더링부(250), 햅틱 장치(260) 및 햅틱 거침도 평가부(270)를 포함한다.
- [0049] 상기 현미경 카메라(100)는 2차원 피부 표면 영상을 취득하여 노이즈 제거부(110)로 제공한다.
- [0050] 이와 같은 현미경 카메라(100)는 휴대 전화에 부착되어 생체 피부를 촬영하여 2차원 피부 표면 영상을 취득하는데, 단일 현미경 카메라이지만, 이에 한정되지 않고, 상기 현미경 카메라(100)는 2대의 현미경 카메라 또는 스테레오 현미경 카메라를 포함할 수 있다.
- [0051] 다음으로, 노이즈 제거부(110)는 노이즈 제거 필터인 3x3 중간 필터를 사용하여 노이즈를 제거한다(Lim, 1990).
- [0052] 그리고, 상기 그레이 컬러 변환부(120)는 노이즈가 제거된 2차원 피부 표면 영상을 8비트의 그레이 영상으로 변환한다.
- [0053] 한편, 2차원 피부 거침도 평가부(130)는 그레이 영상을 구성하는 각 픽셀에 대하여 픽셀별 거침도를 구한 후에 이를 합산하고 평균을 구하여 평균 표면 거침도를 구함으로 2차원 피부 거침도를 평가한다.
- [0054] 이를 좀더 상세히 살펴보면, 2차원 피부 거침도 평가부(130)는 그레이 영상의 픽셀(i, j)에 대하여, 도 3에 도시된 바와 같이 인접하는 각 픽셀들과 강도 레벨 차이 r_k 를 구한다(여기에서 k는 1부터 8이다).

[0055] 그리고, 2차원 피부 거침도 평가부(130)는 그레이 영상의 픽셀(i, j)에 대하여 인접하는 모든 픽셀과 구한 강도 레벨 차이 r_k 를 아래 수학적 식 1과 같이 합산하여 픽셀별 거침도 $R_p(i, j)$ 를 구한다.

[0056] (수학적 식 1)

$$R_p(i, j) = \frac{\sum_{k=0}^N r_k}{N \cdot 2^n}$$

[0057]

[0058] 여기에서, N은 인접 픽셀수이며, n은 그레이 영상의 비트 깊이(bit depth)이고, 이때 N=8이고, n=8이다.

[0059] 다음으로, 2차원 피부 거침도 평가부(130)는 그레이 영상을 구성하는 픽셀들에 대한 픽셀별 거침도를 아래 수학적 식 2와 같이 합산하고 평균을 구하여 평균 표면 거침도 R_{AVG} 를 구한다.

[0060] (수학적 식 2)

$$R_{AVG} = \frac{1}{(S_X-2)(S_Y-2)} \sum_{y=1}^{S_Y-2} \sum_{x=1}^{S_X-2} R_P(x, y)$$

[0061]

[0062] 여기에서, S_X 는 그레이 영상의 영상 폭을 의미하고, S_Y 는 그레이 영상의 영상 높이를 의미한다.

[0063] 여기에서 x,y의 범위를 1부터 영상 폭-2(S_X-2)와 영상 높이-2(S_Y-2)를 지정한 이유는 도 3에 도시된 바와 같이 3*3 윈도우를 가지고 픽셀별 거침도를 구할 때에 2차원 피부 표면 영상의 경계를 선택하여 0의 값을 가지며 시작하게 되는 것을 방지하기 위한 것이다.

[0064] 이와 같은 2차원 피부 거침도 평가부(130)는 인접 픽셀간의 픽셀간 강도 레벨 차이를 조사함으로써 2차원 표면 거침도를 간단히 측정한다.

[0065] 이때, 인접 픽셀의 크기는 영상 속성을 고려하여 유연하게 선택할 수 있다. 윈도우의 크기가 클수록 더 많은 계산 시간이 필요하며 더 많은 국부 거침도가 세밀하게 평균화되어 평활화된다.

[0066] 본 발명에서는 실시간 처리에서 가능한 한 국부 거침도를 유지하기 위해 최적 크기를 9(3x3 창)로 선택했다.

[0067] 다음으로, 상기 3차원 피부 표면 포인트 생성부(200)는 변환된 그레이 영상으로부터 x 및 y 축에 의해 표현되는 각각의 픽셀에 대해, 강도 레벨(KIM 및 LEE, 2015)을 z 축상의 위치 값으로 변환하여(깊이 데이터로 변환하여) 3차원 깊이 정보를 생성함으로써 3차원 피부 표면 포인트들(x,y, z)을 생성한다.

[0068] 상기 3차원 피부 표면 생성부(210)는 3차원 피부 표면 포인트들(x,y,z)을 연결하여 복수의 메시를 생성함으로써 3차원 피부 표면을 생성한다.

[0069] 그리고, 3차원 표면 처리부(220)는 3차원 피부 표면의 3차원 노이즈를 제거한다.

[0070] 이러한 과정은 모든 픽셀에 대하여 반복되고 특이점과 3차원 노이즈가 제거 된 후 모든 연속 3차원 피부 표면 포인트들을 구하고 이를 삼각형으로 연결한다.

[0071] 이런 과정은 렌더링을 위해 모든 점에서 각 삼각형 및 표면 법선 벡터에 매핑되는 3차원 피부 표면이 계산될 때까지 반복된다.

[0072] 다음으로, 시각 렌더링부(230)는 3차원 피부 표면을 기반하여 시각적 3차원 피부 표면을 생성한다.

[0073] 상기 시각 렌더링부(230)는 2차원 피부 표면 영상을 이용한 사실적인 시각적 렌더링을 위해 Phong 셰이딩(PHONG, 1975)이 3차원 피부 표면의 시각화를 위해 사용된다.

[0074] 상기 디스플레이(240)는 상기 시각적 3차원 피부 표면을 표시한다.

[0075] 그리고, 햅틱 렌더링부(250)는 3차원 피부 표면을 기반하여 촉각적 3차원 피부 표면을 생성하고, 햅틱 프로브의 위치 정보에 응답하여 저항력을 계산한다.

[0076] 상기 햅틱 장치(260)는 사용자의 조작에 따라 상기 햅틱 프로브의 위치를 가변하여 위치 정보를 상기 햅틱 렌더

링부(250)로 전송하고, 상기 저항력을 수신하여 상기 사용자에게 촉각 자극을 제공한다.

- [0077] 이와 같은 구성에서 상기 햅틱 렌더링부(250)의 실질적인 햅틱 렌더링은 햅틱 장치(260)로 촉각적 3차원 피부 표면상의 사용자의 접촉에 응답하여 정확한 저항력이 실시간으로 계산될 때 달성될 수 있다.
- [0078] 상기 햅틱 렌더링부(260)는 햅틱 렌더링에서 RUSPINI(1997)에 의해 소개된 힘 셰이딩 알고리즘을 적용하여 햅틱 장치(260)가 거친 피부 영역과 상호 작용할 때 햅틱 장치(260)에서 진동을 유발하는 힘 벡터의 불연속성을 최소화했다.
- [0079] 이와 같은 상황에서 햅틱 거침도 평가부(270)는 개발된 렌더링 시스템을 사용하여 햅틱 장치(260)를 사용하여 피부 표면에 닿는 동안 수직 방향으로 햅틱 프로브 궤적으로 해석되는 거침도를 산출하고 표시한다.
- [0080] 여기에서, 햅틱 거침도는 손가락이나 손으로 촉진 과정에서 느껴지는 감각 및 피부 감각을 의미한다.
- [0081] 사용자가 햅틱 장치(260)로 햅틱 렌더링부(250)에 의해 생성된 촉각적 3차원 피부 표면을 스트로크(stroke)하는 동안 통합된 촉감은 힘 피드백 장치를 통해 전달된다.
- [0082] 촉각적 3차원 피부 표면의 거침도는 2차원 피부 표면에서 변환된 촉각적 3차원 피부 표면의 기하학적 표면에 의해 시각적으로 결정된다.
- [0083] 그러나 햅틱 프로브 속도, 이동 방향, 표면 법선에 의해 야기된 힘 불연속성, 표면 재질 강성을 포함하는 몇 가지 요인을 고려해야하는 힘 응답 생성의 복잡성으로 인해 촉각적 3차원 피부 표면의 접촉 감각이 원래 표면과 다를 수 있다.
- [0084] 따라서 햅틱 거침도 평가부(270)는 사용자가 느끼는 촉각적 3차원 피부 표면의 거침도를 측정하는 것이다.
- [0085] 피부 과학자 또는 전문가가 실제 광학 기술처럼 촉각적 3차원 피부 표면 형상을 측정하기보다는 햅틱 장치(260)를 사용하여 거친 피부 표면을 실제로 느낀다.
- [0086] 상기 햅틱 거침도 평가부(270)는 도 4에 도시된 바와 같이, 햅틱 프로브(HP:Haptic Probe)가 재구성된 촉각적 3차원 피부 표면(RSS: Reconstructed Skin Surface)과 충돌하는 동안 햅틱 프로브 궤적(HPT:Haptic Probe Trajectory)을 연속적으로 측정함으로써 햅틱 거침도를 측정할 수 있다.
- [0087] 상기 촉각적 3차원 피부 표면(RSS)은 3차원 피부 표면 포인트(x,y,z)들을 연결하여 구성한 메시 표면이다.
- [0088] 여기서, z는 그레이 영상의 픽셀 좌표(x, y)에서의 강도 레벨(I(x,y))로부터 직접 계산된 깊이 값이고, $z = I(x, y)/2^n$ 이다.
- [0089] 여기서, I(x,y)는 픽셀(x, y)에서의 강도 레벨이고, n은 2차원 피부 표면 영상의 비트 깊이이다.
- [0090] 이 과정은 컴퓨터 그래픽에서 널리 사용되는 높이 맵 구축이라고 한다.
- [0091] 다음으로, 햅틱 프로브 궤적(HPT)은 다음 수학적 식 3과 같이 정의된다.
- [0092] (수학적 식 3)
- [0093] $HPT = RSS + N \cdot \delta + \epsilon$
- [0094] 여기에서, N은 삼각형면에서 표면 법선 벡터이고, 델타(δ)는 햅틱 프로브(HP)와 촉각적 3차원 피부 표면(RSS) 사이의 유클리드 거리이며, ϵ 은 햅틱 장치(270)에서 예기치 않게 발생하는 오차를 나타낸다.
- [0095] 상기 햅틱 장치(260)가 단일 접점을 제공하기 때문에 도 4의 (b)에서와 같이 햅틱 장치(260)가 촉각적 3차원 피부 표면(RSS)을 접촉할 때 접촉점들의 집합으로 형성된 햅틱 프로브 궤적은 주사선과 같다.
- [0096] 접촉선(Touch line)별 거침도 R_a 는 햅틱 프로브 궤적과 중간값(mean)의 차이를 이용하여 아래 수학적 식 4를 사용하여 계산할 수 있다(LOU 외, 1998).

[0097] (수학식 4)

$$Ra = \frac{1}{l} \sum_{i=0}^l |HPT(i) - mean|$$

[0098]

[0099] 여기서 l은 접촉선의 길이이고, i는 접촉점의 인덱스이다.

[0100] 햅틱 거침도 $R_{average}$ 는 촉각적 3차원 피부 표면의 모든 접촉선에 대한 접촉선별 거침도인 R_a 값의 평균을 취하여 구할 수 있으며 공식은 아래 수학식 5와 같다.

[0101] (수학식 5)

$$Ra\ average = \frac{\sum_{i=1}^N Ra(i)}{N}$$

[0102]

[0103] 여기서 N은 촉각적 3차원 피부 표면(RSS)에서 모두 직선인 접촉선의 수이다.

[0104] 도 5는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 생체 피부의 햅틱 거침도 평가 방법의 흐름도이다.

[0105] 도 5를 참조하면, 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 생체 피부의 햅틱 거침도 평가 방법은 먼저 현미경 카메라(100)가 2차원 피부 표면 영상을 취득하여 노이즈 제거부(110)로 제공한다(S100).

[0106] 다음으로, 노이즈 제거부(120)는 노이즈 제거 필터인 3x3 중간 필터를 사용하여 노이즈를 제거한다(S110).

[0107] 그리고, 상기 그레이 컬러 변환부(130)는 노이즈가 제거된 2차원 피부 표면 영상을 8비트의 그레이 영상으로 변환한다(S120).

[0108] 한편, 2차원 피부 거침도 평가부(130)는 그레이 영상을 구성하는 각 픽셀에 대하여 픽셀별 거침도를 구한 후에 이를 합산하고 평균을 구하여 평균 표면 거침도를 구함으로 2차원 피부 거침도를 평가한다(S130).

[0109] 이를 좀더 상세히 살펴보면, 2차원 피부 거침도 평가부(130)는 그레이 영상의 픽셀(i, j)에 대하여, 도 3에 도시된 바와 같이 인접하는 각 픽셀들과 강도 레벨 차이 r_k 를 구한다(여기에서 k는 1부터 8이다).

[0110] 그리고, 2차원 피부 거침도 평가부(130)는 그레이 영상의 픽셀(i, j)에 대하여 인접하는 모든 픽셀과 구한 강도 레벨 차이 r_k 를 수학식 1과 같이 합산하여 픽셀별 거침도 $R_p(i, j)$ 를 구한다.

[0111] 다음으로, 2차원 피부 거침도 평가부(130)는 그레이 영상을 구성하는 픽셀들에 대한 픽셀별 거침도를 수학식 2와 같이 합산하고 평균을 구하여 평균 표면 거침도 R_{avg} 를 구한다.

[0112] 이와 같은 2차원 피부 거침도 평가부(130)는 인접 픽셀간의 픽셀간 강도 레벨 차이를 조사함으로써 2차원 표면 거침도를 간단히 측정한다.

[0113] 다음으로, 상기 3차원 피부 표면 포인트 생성부(200)는 변환된 그레이 영상으로부터 x 및 y 축에 의해 표현되는 각각의 픽셀에 대해, 강도 레벨(KIM 및 LEE, 2015)을 z 축상의 위치 값으로 변환하여(깊이 데이터로 변환하여) 3차원 깊이 정보를 생성함으로써 3차원 피부 표면 포인트들(x, y, z)을 생성한다(S200).

[0114] 그리고, 상기 3차원 피부 표면 생성부(210)는 3차원 피부 표면 포인트들(x, y, z)을 연결하여 복수의 메시를 생성함으로써 3차원 피부 표면을 생성한다(S210).

[0115] 상기 3차원 표면 처리부(220)는 3차원 피부 표면 포인트들(x, y, z)의 노이즈를 제거한다(S220).

[0116] 이러한 과정은 모든 픽셀에 대하여 반복되고 특이점과 3차원 노이즈가 제거 된 후 모든 연속 3차원 피부 표면 포인트들을 구하고 이를 삼각형으로 연결한다.

[0117] 이런 과정은 렌더링을 위해 모든 점에서 각 삼각형 및 표면 법선 벡터에 매핑되는 3차원 피부 표면이 계산될 때까지 반복된다.

[0118] 다음으로, 시각 렌더링부(230)는 3차원 피부 표면을 기반하여 시각적 2차원 피부 표면을 생성한다(S230).

- [0119] 상기 디스플레이(240)는 상기 시각적 2차원 피부 표면을 표시한다.
- [0120] 그리고, 햅틱 렌더링부(250)는 3차원 피부 표면을 기반하여 촉각적 3차원 피부 표면을 생성하고, 햅틱 프로브의 위치 정보에 응답하여 저항력을 계산한다(S240).
- [0121] 상기 햅틱 장치(260)는 사용자의 조작에 따라 상기 햅틱 프로브의 위치를 가변하여 위치 정보를 상기 햅틱 렌더링부(250)로 전송하고, 상기 저항력을 수신하여 상기 사용자에게 촉각 자극을 제공한다.
- [0122] 이와 같은 구성에서 상기 햅틱 렌더링부(250)의 실질적인 햅틱 렌더링은 햅틱 장치(260)로 촉각적 3차원 피부 표면상의 사용자의 접촉에 응답하여 정확한 저항력이 실시간으로 계산될 때 달성될 수 있다.
- [0123] 이와 같은 상황에서 햅틱 거침도 평가부(270)는 개발된 렌더링 시스템을 사용하여 햅틱 장치(260)를 사용하여 피부 표면에 닿는 동안 수직 방향으로 햅틱 프로브 궤적으로 해석되는 햅틱 거침도를 산출하고 표시한다(S250).
- [0124] 여기에서, 햅틱 거침도는 손가락이나 손으로 촉진 과정에서 느껴지는 감각 및 피부 감각을 의미한다.
- [0125] 사용자가 햅틱 장치(260)로 햅틱 렌더링부(250)에 의해 생성된 촉각적 3차원 피부 표면을 스트로크(stroke)하는 동안 통합된 촉감은 힘 피드백 장치를 통해 전달된다.
- [0126] 촉각적 3차원 피부 표면의 거침도는 2차원 피부 표면에서 변환된 촉각적 3차원 피부 표면의 기하학적 표면에 의해 시각적으로 결정된다.
- [0127] 그러나 햅틱 프로브 속도, 이동 방향, 표면 법선에 의해 야기된 힘 불연속성, 표면 재질 강성을 포함하는 몇 가지 요인을 고려해야하는 힘 응답 생성의 복잡성으로 인해 촉각적 3차원 피부 표면의 접촉 감각이 원래 표면과 다를 수 있다.
- [0128] 따라서 햅틱 거침도 평가부(270)는 사용자가 느끼는 촉각적 3차원 피부 표면의 거침도를 측정하는 것이다.
- [0129] 피부 과학자 또는 전문가가 실제 광학 기술처럼 촉각적 3차원 피부 표면 형상을 측정하기보다는 햅틱 장치(260)를 사용하여 거친 피부 표면을 실제로 느낀다.
- [0130] 상기 햅틱 거침도 평가부(270)는 도 4에 도시된 바와 같이, 햅틱 프로브(HP:Haptic Probe)가 재구성된 촉각적 3차원 피부 표면(RSS: Reconstructed Skin Surface)과 충돌하는 동안 햅틱 프로브 궤적(HPT:Haptic Probe Trajectory)을 연속적으로 측정함으로써 햅틱 거침도를 측정할 수 있다.
- [0131] 상기 촉각적 3차원 피부 표면(RSS)는 3차원 피부 표면 포인트(x,y,z)들을 연결하여 구성된 메시 표면이다.
- [0132] 다음으로, 햅틱 프로브 궤적(HPT)은 수학적 3과 같이 정의된다.
- [0133] 상기 햅틱 장치(260)가 단일 접점을 제공하기 때문에 도 4의 (b)에서와 같이 햅틱 장치(260)가 촉각적 3차원 피부 표면(RSS)을 접촉할 때 접촉점들의 집합으로 형성된 햅틱 프로브 궤적은 주사선과 같다.
- [0134] 접촉선(Touch line)별 거침도 R_a 는 햅틱 프로브 궤적과 중간값(mean)의 차이를 이용하여 수학적 4를 사용하여 계산할 수 있다(LOU 외, 1998).
- [0135] 햅틱 거침도 $R_{average}$ 는 촉각적 3차원 피부 표면의 모든 접촉선에 대한 접촉선별 거침도인 R_a 값의 평균을 취하여 구할 수 있으며 공식은 수학적 5와 같다.
- [0136] 한편, 첫 번째 실험은 단일 이미지로 3D 거친 표면 재구성의 정확성을 검증하는 것이었다. 이 실험에서 도 6와 같이 규칙적인 패턴(거칠기)을 가진 실제 플라스틱 표면(60W x 25D mm)이 사용되었다.
- [0137] 3 차원 피부 표면(도 6c)은 휴대 전화에 부착된 현미경 카메라를 사용하여 실제 플라스틱 표면(도 6a)의 평면도에서 찍은 단일 사진(도 6b)에서 제안된 접근법(도 2 참조)으로 재구성되니다(삼성 갤럭시).
- [0138] 도 7은 실제 물체와 함께 정확한 가속도계로 재구성된 촉각적 3차원 피부 표면을 측정하기 위한 실험 장치로 (a)는 실제 물체의 표면에 대한 가속도 측정을 나타내고, (b)는 재구성된 촉각적 3차원 피부 표면의 가속도 측정(Geomagic Touch X)을 나타내며, (c)는 (a)와 (b)에서 측정된 가속도 프로파일을 나타낸다.
- [0139] 도 7에서 볼 수 있듯이 3 축 가속도계(PCB Piezoelectronics 352C33, 3 Axis, 감도 : 101.6 mv / g)를 사용하여 2 개의 실제 및 햅틱 표면의 표면 거칠기 프로파일을 측정했다.
- [0140] 가속도계는 표면의 정확한 측정을 위해 스타일러스에 단단히 부착되었다(도 7a 및 7b 참조).

- [0141] 실험자가 표면에서 스타일러스를 옆으로 움직이는 동안(실제 또는 촉각) 가속 값은 실시간으로 정확하게 기록된다.
- [0142] 측정은 각 표면(실제 또는 촉각)에 대해 10 회 반복하였고 평균값을 정량 분석에 사용했다. 도 7c는 2 개의 표면으로부터 측정된 대표적인 가속 프로파일을 도시한다.
- [0143] 실제 표면에서 더 많은 노이즈 신호가 관찰되었지만 두 가지 가속도 프로파일이 피크(거친 표면)의 측면에서 잘 매칭되었음이 분명하다.
- [0144] 노이즈는 일반적으로 고르지 않은 표면의 탄성 거동으로 인해 자체적으로 진동을 생성하는 비교적 얇은 스타일러스에 의해 발생하는 반면 촉각 디바이스는 진동 감쇠 메커니즘에 의해 진동을 감소시킨다.
- [0145] 또한 피어슨 상관 계수를 이용한 통계 분석을 통해 실제 및 햅틱 표면에서 측정된 가속도 프로파일의 유사성을 조사하였다.
- [0146] 상관(r)값은 0.9584이고 p 값은 2.65×10^{-6} 이며 이는 실제 및 재구성된 햅틱 표면이 서로 유의미한 상관 관계가 있음을 의미한다.
- [0147] 실제 피부 이미지를 가진 개발된 시스템을 평가하기 위해, 3 개의 정상 피부 및 9 개의 임상 피부 질환 이미지(도 8 참조)가 테스트 되었다.
- [0148] 도 8의 (a)는 정상 피부 1 (200x200), (b)는 정상 피부 2 (200x150), (c)는 정상 피부 3 (200x133), (d)는 피부병 1 : 여드름 (300x300), (e)는 피부병 2 : 습진 포진 (300x300), (f)는 피부병 3 : 단순 포진 (300x300), (g)는 피부병 4 : 농가진 (300x300), (h)는 피부병 5 : 땀띠(miliaria) (300x300), (i)는 피부병 6 : 건선 (300x300), (j)는 피부병 7 : 단순 포진 (300x300), (k) 피부병 8 : 스위트 증후군 (300x300), (l)는 피부병 9 : 한관종(syringoma) (300x300)이며, (a)를 제외한 모든 이미지는 모두 실제이다. 도 8의 (a)를 제외한 모든 이미지는 모두 실제이다.
- [0149] 모든 이미지는 표면 거칠기와 색상이 다르다. 평가는 실험을 통해 (1) 2D 이미지에서 3D 거친 표면 재구성, (2) 2D 비전 및 3D 터치에 대한 거칠기 평가, (3) 시각 및 햅틱 렌더링의 렌더링 성능을 평가하기 위해 수행되었다.
- [0150] 도 9는 2D 입력 영상으로부터 변환된 메시로 구성된 재구성 된 햅틱 피부 표면을 보여준다(도 8 참조). 정점과 면은 높이 맵을 작성하여 이미지 픽셀을 기반으로 생성되었다.
- [0151] 이미지의 픽셀 수가 많을수록 픽셀 당 3D 점이 만들어지기 때문에 더 많은 3D 정점과 메시가 생성된다.
- [0152] 결과적으로 생기는 3D 피부 표면은 피부 표면의 촉각 거칠기 인식에 영향을주는 다양한 기하학적 특성을 잘 나타내는 촉각 장치에 의해 거친 표면 감각을 제공할 수 있는 실제와 같은 피부 표면이다.
- [0153] 거칠기 평가는 2D 이미지 기반 추정과 3D 햅틱 거칠기 평가의 두 단계로 수행되었다. 이미지로 거칠기를 추정하기 위해, 3 개의 정상적인 피부 이미지(도 8의 (a), (b), (c))가 사용되었다(LOU et al., 1998). 객관적으로 결과를 비교하기 위해 추정된 거칠도 값은 최대 픽셀 값(255)에 의해 표준화되었다.
- [0154] 결과로부터 각 이미지의 거친 정도의 패턴은 유사하지만 본 발명의 방법에 의한 결과는 이음매 없는 피부 이미지(도 8의 (a))의 거칠기 값을 다른 거친 피부 이미지 (도 8의 (b) 및 도 8의 (c))와 더 잘 구별한다. 분석은 유의미한 차이를 지원하지 않는다($r : 0.9787$, $p : 0.1317$).
- [0155] 또한, 9 개의 임상 피부 질환 영상(피부 질환 :도 8의 (d) 내지 (l))을 시험하여 2 개의 영상 기반 방법의 추정 거칠기 값을 조사하였다. 또한, 본 발명에서 제안된 햅틱 거칠기 평가는 9 가지 피부 질환의 3 차원 재건된 피부 표면으로 측정되었다.
- [0156] 도 10은 3 가지 정상 피부 이미지(도 8의 (a), (b), (c))에서 직접 계산된 2D 거칠도 값을 나타내며, 위에 제안된 방법과 아래에 기존의 일반적인 방법을 나타냈다. 추정된 거칠도 값은 최대 픽셀 강도(255)에 의해 표준화되었다.
- [0157] 햅틱 장치(Geomagic Touch X)에 의한 이미지의 전체 결과를 도 11에 그래프로 나타내고, 3 개의 실험에 의해 측정된 수치는 모두 표 1에 요약되어 있다.

[0158] (표 1)

NO	ID	Image size (W x H)	BPS (Bit per pixel)	Condition	3D recon. skin (vertices/ faces)	2D (visual)		3D (haptic)	
						Our image method(F)	Generic method [15]Ra	Our haptic perception Ra	
1	NS	200 x 200	24	Normal (synthetic)	40,000/9,202	0.2759	0.0289	0.1080	
2	NS	300 x 225		Normal	67,500/133,952	0.4179	0.0607	0.2043	
3	NS	200 x 133		Normal	26,600/52,535	0.4143	0.0689	0.2085	
4	SD1	300 x 300		Acne	90,000/178,802	0.5135	0.0809	0.1499	
5	SD2			Eczema herpeticum		0.5589	0.0735	0.1806	
6	SD3			Herpes simplex		0.5375	0.07334	0.1715	
7	SD4			Impetigo		0.5150	0.1020	0.1437	
8	SD5			Miliaria		0.2615	0.0707	0.0993	
9	SD6			Psoriasis		0.5434	0.0985	0.1739	
10	SD7			Herpes simplex		0.2103	0.0940	0.0939	
11	SD8			Sweet syndrome		0.5142	0.0826	0.0826	
12	SD9			Syringoma		0.3437	0.0488	0.0488	

[0159]

[0160]

도 11은 이미지 기반 거칠기 방법과 6 개의 피부 장애 이미지가 있는 햅틱 거칠기 방법으로 추정된 거칠기 값의 결과를 보여준다.

[0161]

추정된 거칠도 값은 각각 OpenGL 좌표계에서 햅틱 장치의 이미지 공간과 작업 공간 크기로 표준화되었다.

[0162]

결과로부터, 본 발명자의 방법 R(2D)의 패턴은 햅틱 Ra(3D)와 유사한 반면 일반적인(Generic) Ra(2D)의 패턴은 약간 다르게 나타난다.

[0163]

이는 통계 분석 (피어슨 상관 계수)보고를 수행함으로써 입증되었다. 본 발명의 방법R(2D)와 햅틱 Ra(3D)는 유의미한 상관 관계를 보였으나($r : 0.7803$, $p : 0.0482$), 일반 방법은 의미있는 상관관계를 보여주지 못했다($r : 0.2161$, $p : 0.5765$).

[0164]

통계적 분석은 3D 햅틱과 2D 이미지 공간이 다르기 때문에 모든 데이터를 표준화한 후에 수행되었다.

[0165]

통계적 분석은 햅틱 거칠기 평가가 이전 실험에서 정확성 측면에서 검증되었기 때문에 2D 이미지 기반 거칠기 평가가 기존 2D 방법보다 더 정확함을 확인했다 (LOU et al., 1998).

[0166]

마지막으로 렌더링의 업데이트 속도(Hz)를 반복적으로 측정하여 햅틱 렌더링 시스템 성능을 이미지 픽셀에 대해

테스트했다. 이는 피부 진단 응용 프로그램에 중요하다.

- [0167] 일반적으로, 렌더링 속도는 개발된 시스템에서 픽셀 수를 늘릴 때와 같이 정점 수가 증가함에 따라 느리게 진행된다. 안정되고 사실적인 햅틱 렌더링을 제공하기 위해 하한은 1KHz이다.
- [0168] 도 12는 이미지 해상도가 80,000 픽셀을 초과하면 시스템 성능이 크게 떨어지는 것을 보여준다. 복잡한 3D 모델을 사용해도 업데이트 성능을 향상시키는 것은 향후 연구 과제로 떠오르는 또 다른 연구 주제이다.
- [0169] 위에서 언급했듯이 피부 표면 거칠기는 피부 질환(RING et al., 2000; FADZIL et al., 2010)을 진단하거나 피부 건강 상태를 분석하는 데 유용하다(PENA et al., 2010; SCHRADER et al., 1991; LEVY et al., 2004; KIM et al., 2007; KAWADA et al., 2008; PENA et al., 2010; SCHRADER et al., 1991; LEVY et al., 2004; KIM et al., 2007; KAWADA et al., 2008).
- [0170] 피부 이미지에서 일반적인 거칠기 평가 방법은 LOU 등이 도입한 접근법을 이용하는 것이다(1998).
- [0171] 그러나, 이미지상의 2D 근방 거칠기 변화를 반영하지 않는 스캔 라인(즉, 수직 또는 수평 라인)에 기초하여 거칠기를 추정한다. 즉, 전체 이미지에 대한 수직 또는 수평 라인 추정을 추정한다.
- [0172] 본 발명의 방법(R, 도 3)은 스케일 러블인 사진 정의된 윈도우 내에서 모든 이웃 픽셀들을 돌보는 것으로 이미지 거칠기를 계산한다. 도 10과 도 11의 실험 결과는 기존 방법(LOU et al., 1998)보다 이미지 간의 미세한 변화에서도 피부 거칠기를 식별하는 데 더 효과적이라는 것을 보여준다.
- [0173] 본 발명에서는 햅틱 촉각 시스템이 기본적으로 하나의 피부 영상을 입력으로 받아서 최종적으로 3D 햅틱 표면으로 변환하기 때문에 터치에 의한 거친 정도가 피부 이미지의 직접적인 추정 방법과 얼마나 다른지 조사하였다.
- [0174] 단일점 접촉 피드백 디바이스가 사용되기 때문에, 제안된 거칠기 추정은 단일 라인 기반의 추정에 기초하지만 사용자가 3D 피부 표면을 촉진할 때 3D 표면 형상 대신 햅틱 프로브 궤적을 측정한다.
- [0175] 따라서, 제안된 접근법에 의해 추정된 촉각 거칠기값은 이 시스템을 사용할 피부과 의사가 손으로 느끼는 것을 나타낸다. 햅틱 렌더링 시스템이 잘 발달되지 않았다면 햅틱 프로브가 읽는 표면 거칠기 패턴은 원래의 피부 이미지와 다른 것일 수 있다.
- [0176] 도 11에서 볼 수 있듯이 햅틱 거칠기 패턴은 이미지 기반 거칠기 방법과 거의 동일하다.
- [0177] 본 발명의 이미지 기반 거칠기 방법(R)과 비교된 거칠기 값의 저하된 수준은 햅틱 렌더링동안 힘의 불연속성을 피하기 위해 햅틱 피부 표면을 부드럽게 만드는 셰이딩(force shading) 때문이다.
- [0178] 그럼에도 불구하고 3D 메시의 거친 표면 패치에 대한 터치 감도는 Kim (2016)에 의해 보고된 것보다 높다.
- [0179] 즉, 기존의 피부 상상 시스템에 터치 촉진 인터페이스를 추가하면 피부 질환을 진단하거나 피부 상태를 분석하는 데 도움이 될 것이다.
- [0180] 2D 스킨 이미지를 3D 햅틱 스킨 표면으로 변환하는 것은 깊이 계산, 메시 및 표면 법선 생성 및 텍스처 매핑을 비롯한 복잡한 프로세스를 거친다.
- [0181] 또한, 실시간 촉각을 제공하기 위해 햅틱 렌더링 알고리즘(충돌 감지 및 응답, 충돌시 실시간 힘 생성, 햅틱 장치의 안정된 제어 등)을 통합해야 한다.
- [0182] 따라서 실시간 렌더링 성능은 매우 중요하다. 렌더링 지연은 햅틱 피부 표면의 거침도 및 강성의 관점에서 터치 감각에 즉시 영향을 미치므로 진단 오류를 초래할 수 있다.
- [0183] 도 12에서 보듯이, 개발된 시스템은 이미지 해상도가 83,000 픽셀보다 낮은 한 좋은 성능을 보여준다.
- [0184] 이미지 해상도의 한계는 GPU 또는 병렬 프로그래밍을 적용하거나 그래픽 가속기를 사용하여 향상시킬 수 있다.
- [0185] 이 문제를 해결하는 또 다른 방법은 효율적인 메시 처리 및 충돌 감지 알고리즘으로 향후 고려해야 한다.
- [0186] 생체 내 피부 이미지를 위한 멀티 모달(시각 및 햅틱) 렌더링 시스템이 개발되었다. 개발된 시스템은 하나의 스킨 이미지를 받아 실시간으로 3D 메시로 자동 변환한다.
- [0187] 이 시스템은 공간 노이즈 필터링, 그래픽 및 셰이딩 알고리즘을 채택하여 시각화 및 터치 상호 작용을 위한 정밀한 거친 렌더링을 제공하도록 최적화되었다.
- [0188] 거칠기 추정을 분석한다. 멀티 모달 렌더링 시스템은 사용자(피부과 전문의 또는 피부 전문가)에게 정확한 가상

촉각 및 피부 검사에 대한 시각적 조사뿐만 아니라 피부 질환을 진단하는 데 중요한 정밀한 피부 거칠기 정보를 제공한다.

[0189] 또한, 인접한 이미지 픽셀을 고려한 새로운 이미지 기반 거칠기 평가 방법이 제안되었으며, 결과는 모든 피부 이미지에서 직접 거칠기를 정량화하는 데 신뢰할 수 있음이 확인되었다.

[0190] 피부 영상을 이용한 터치 검사로 인지된 거칠기를 측정하기 위해 새로운 햅틱 거칠기 평가 방법이 제안되었다. 실험 결과는 제안된 햅틱 거칠기 평가가 피부 질환을 식별하기 위해보다 정보적인 거칠기를 제공할 수 있음을 보여준다.

[0191] 햅틱 거칠기는 사용자가 피부 표면에 실제로 느끼는 것으로 피부 질환을 진단하는 데 중요하다.

[0192] 개발된 햅틱 거칠기 렌더링 시스템은 특히 건선, 아토피성 피부염 또는 노화의 경우에 2 차 감염 또는 손상(접촉 상호 작용에 의해 야기 됨)에 대한 염려 없이 가상 햅틱 촉진에 의해 생체 내 피부 표면의 이상을 진단하는 데 도움이 될 것으로 믿어진다. 이는 피부 거칠기의 중요한 변화를 가져온다.

[0193] 게다가, 이 시스템은 스킨 케어 제품(화장품)을 사용하기 전후의 피부 상태 변화를 검사하는 좋은 도구가 될 수 있다. 또한, 제안된 2D 피부 거칠기 추정 방법은 모바일 어플리케이션에 적용되어 간단한 전화 카메라로 온라인 거칠기 평가 도구를 제공할 수 있다.

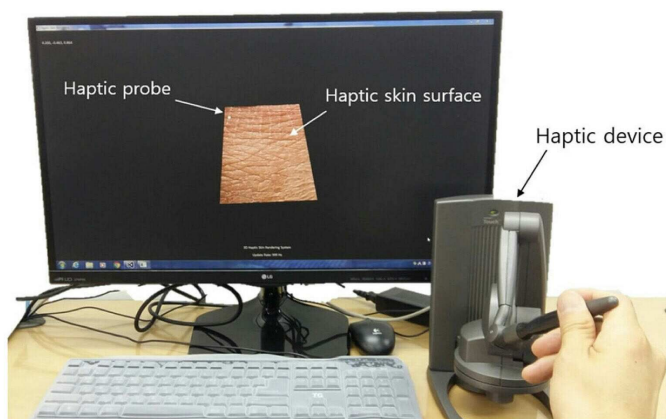
[0194] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서 본 발명에 기재된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상이 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

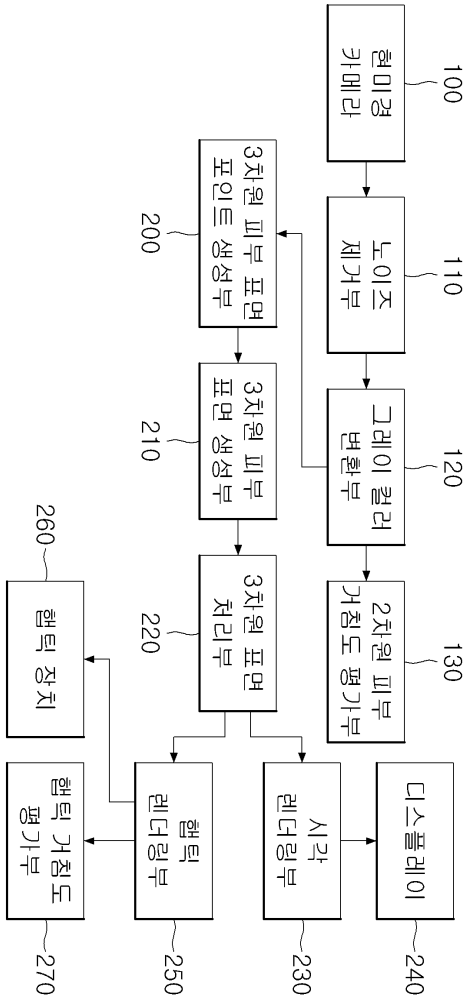
[0195]	100 : 현미경 카메라	110 : 노이즈 제거부
	120 : 그레이 컬러 변환부	130 : 2차원 피부 거칠도 평가부
	200 : 3차원 피부 표면 포인트 생성부	210 : 3차원 피부 표면 생성부
	220 : 3차원 피부 처리부	230 : 시각 렌더링부
	240 : 디스플레이	250 : 햅틱 렌더링부
	260 : 햅틱 장치	270 : 햅틱 거칠도 평가부

도면

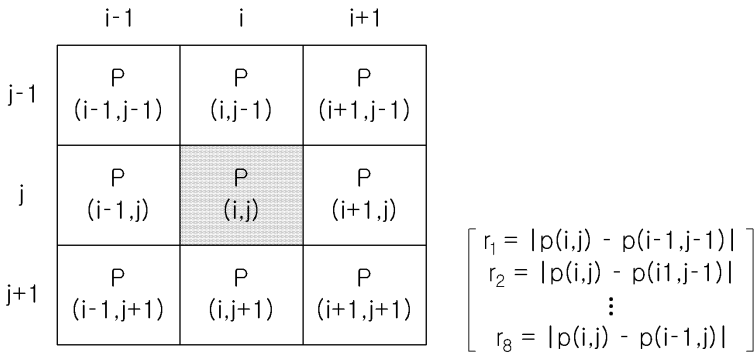
도면1



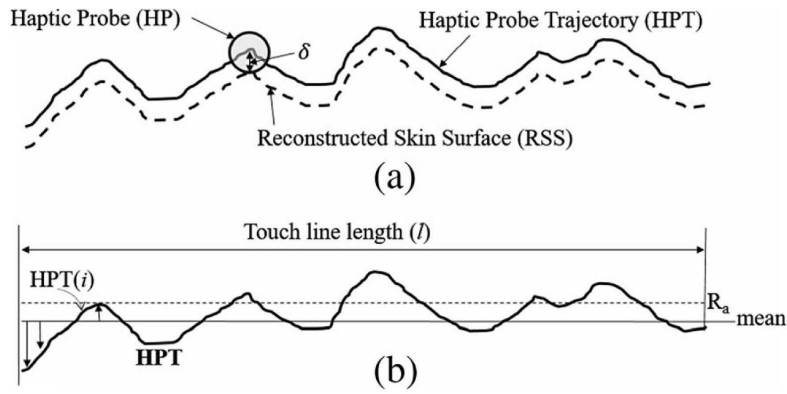
도면2



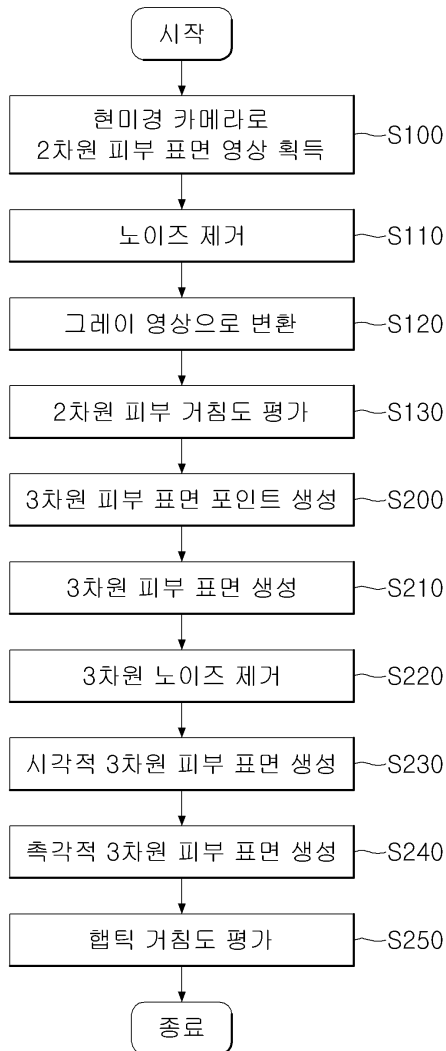
도면3



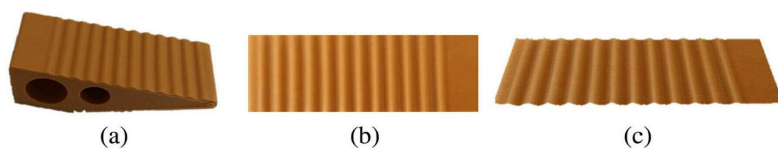
도면4



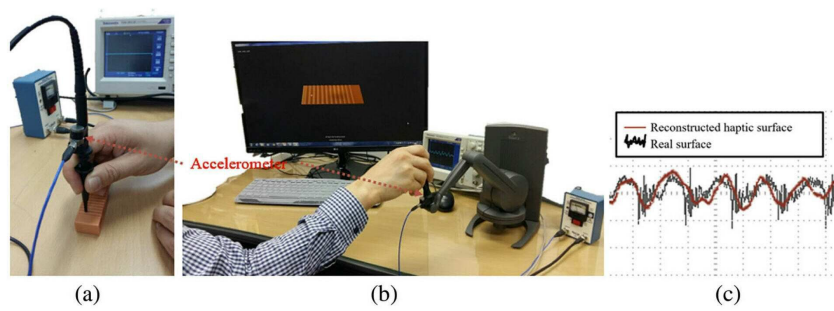
도면5



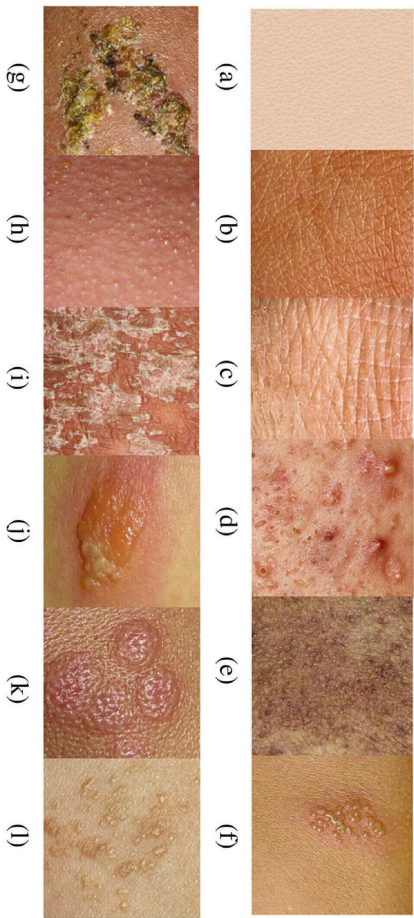
도면6



도면7



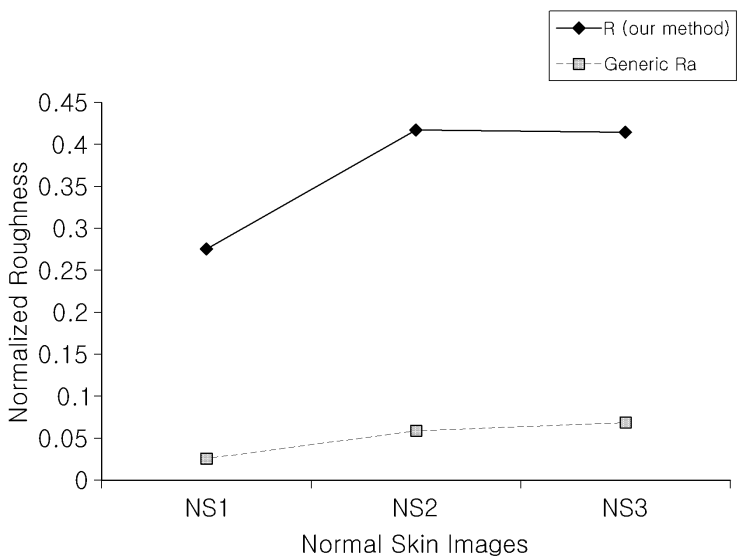
도면8



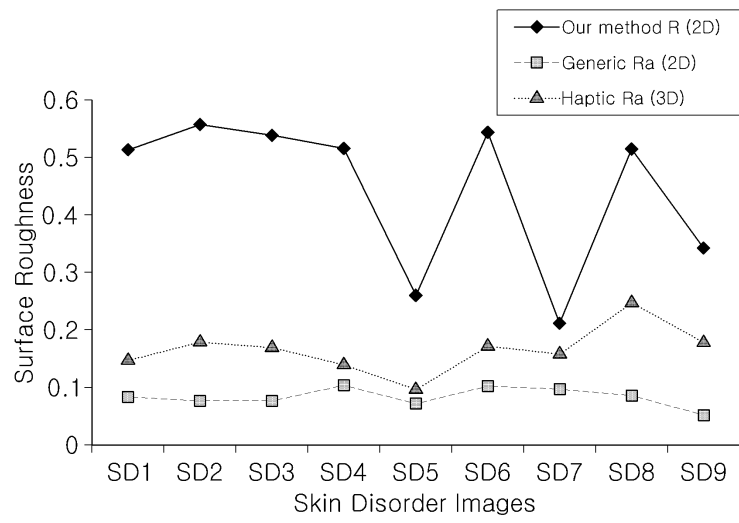
도면9



도면10



도면11



도면12

