



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년11월07일

(11) 등록번호 10-2599498

(24) 등록일자 2023년11월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*G06T 5/50* (2006.01) *G06T 5/00* (2019.01)  
*G06T 5/20* (2006.01) *G06T 7/136* (2017.01)

(52) CPC특허분류  
*G06T 5/50* (2023.01)  
*G06T 5/002* (2023.01)

(21) 출원번호 10-2021-0026306

(22) 출원일자 2021년02월26일

심사청구일자 2022년03월15일

(65) 공개번호 10-2022-0122106

(43) 공개일자 2022년09월02일

(56) 선행기술조사문헌

Huafeng Li ET AL, Multifocus image fusion via fixed window technique of multiscale images and non-local means filtering, Signal Processing, Volume 138, 7 March 2017(2017.03.07.) 1부.\*

Mehmet Sezgin ET AL, Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation, Journal of Electronic Imaging 13(1), Jan. 2004(2004.01.31.) 1부.\*

S.K. Nayar ET AL, Shape from focus, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Volume: 16, Issue: 8, Aug. 1994(1994.08.31.) 1부.\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

연세대학교 원주산학협력단

강원도 원주시 흥업면 연세대길 1

포항공과대학교 산학협력단

경상북도 포항시 남구 청암로 77 (지곡동)

(72) 발명자

양세정

서울특별시 강남구 선릉로 120, 8동 406호

이지영

경기도 안산시 상록구 해양1로 11, 605동 1504호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김보정

전체 청구항 수 : 총 2 항

심사관 : 김광식

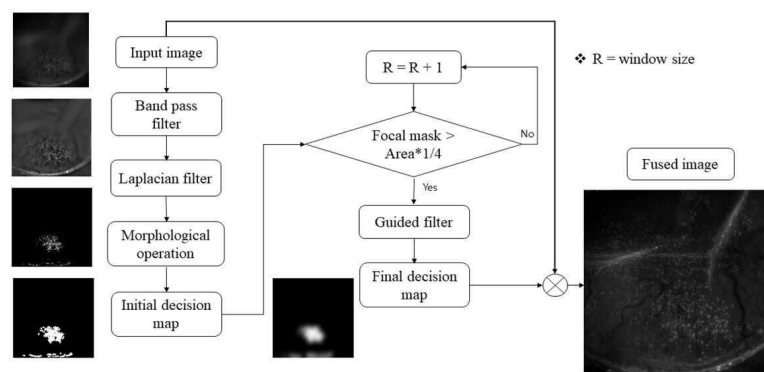
(54) 발명의 명칭 초점 영역 특징점 추출을 이용한 현미경 영상 융합 방법

## (57) 요약

초점 영역 특징점 추출을 이용한 현미경 영상 융합 방법이 개시된다. 본 발명의 현미경 영상 융합 방법은, 주파수 영역 변환을 통해 초점 영역의 정보 및 에지를 강조하기 위하여 강조된 초점 영역을 추출하는 단계와, 초점 영역 확장을 시키며 불필요한 영역을 제거한 후 Guided filter를 적용하여 Guided filter가 적용된 초점 영역을

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



Final decision map으로 구성하여 pixel-wise weighted-averaging rule을 이용하여 최종 all-in-focus 영상을 결과로 출력하는 단계를 포함하게 구성함으로써, 개변수를 조정할 필요가 없기 때문에 all-in-focus 영상을 필요로 하는 모든 비전문가도 쉽게 영상을 얻을 수 있는 효과가 있다.

(52) CPC특허분류

*G06T 5/20* (2023.01)

*G06T 7/136* (2017.01)

*G06T 2207/10061* (2013.01)

*G06T 2207/20221* (2013.01)

(72) 발명자

**장승현**

경기도 성남시 구미로 100, 1003동 1403호

**김기현**

경상북도 포항시 남구 지곡로 155, 9동 602호

**이중빈**

서울특별시 종로구 북촌로11나길 16-5

**김성한**

서울특별시 마포구 새창로8길 72, 202동 1504호

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

두 개 혹은 그 이상의 국소 초점 영상을 이용해 영상을 융합하는 초점 영역 특징점 추출을 이용한 현미경 영상 융합 방법에 있어서,

(a)주파수 영역 변환을 통해 초점 영역의 정보 및 에지를 강조하기 위하여 강조된 초점 영역에 Laplacian filter를 적용하고 임계처리를 하여 초점 영역을 추출하는 단계;

(b)초점 영역 확장을 시키며 불필요한 영역을 제거한 후 Guided filter를 적용하여 Guided filter가 적용된 초점 영역을 Final decision map으로 구성하여 pixel-wise weighted-averaging rule을 이용하여 최종 all-in-focus 영상을 결과로 출력하는 단계;를 포함하고,

상기 (b)단계는

(b-1)영역이 제거된 mask에서 형태학적 연산을 통해 영역 확장을 진행하는 단계;

(b-2)다음으로 Guided filter를 사용하여 넓은 영역을 보존하면서 영상 경계에 가중치를 적용하여 영상 전체 면적의 1/4 크기가 될때 까지 윈도우 크기가 자동으로 커지도록 제어하는 단계;

(b-3)상기 단계에서 설정된 mask 영역에 원본 영상을 곱한 후 각 영상의 픽셀 값을 이용하여 하나의 융합된 영상을 얻는 단계;

를 포함하는 초점 영역 특징점 추출을 이용한 현미경 영상 융합 방법.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 (a)단계는

(a-1)현미경을 통해 얻은 국소 초점 영상에 변환을 적용하여 주파수 스펙트럼을 추출 후 처리하여 다시 역푸리에 변환을 적용하여 잡음 제거 및 초점 영역을 검출하는 단계;

(a-2)상기 초점 영역에 에지 검출 방법 중 하나인 Laplacian filter를 적용하여 국소 초점 영상에서 보이는 결막술잔세포를 특징점으로 잡는 단계;

(a-3)검출된 mask에서 초점 영역이 아님에도 불구하고 mask로 생성된 영역을 제거하기 위해서 일정 픽셀 이하의 개수를 가지는 영역은 제거하는 단계;

를 포함하는 초점 영역 특징점 추출을 이용한 현미경 영상 융합 방법.

#### 청구항 3

삭제

### 발명의 설명

### 기술 분야

본 발명은 현미경 영상 융합 기법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 다중 영상 융합 시 발생하는 문제점을 해소하며 깊이 방향으로 스캐닝 촬영된 2장은 물론 3장 이상의 영상을 융합하는 초점 영역 특징점 추출을 이용한 현미경 영상 융합 방법에 관한 것이다.

[0001]

## 배경 기술

- [0002] 최근 스마트폰의 사용이 잦아지면서 현대인들의 90% 이상이 안구건조증을 경험하고 있다. 안구건조증에는 다양한 원인이 있지만 그 중 술잔세포 기능 장애에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 점막에서 분비 되는 뮤신의 역할이 안구건조증에 영향을 끼칠 수 있으며 이를 정밀하게 진단함으로써 안구건조증 치료 정도를 판단할 수 있다.
- [0003] 기존 술잔세포 평가 방법은 과정이 복잡하고 결막 손상을 일으킬 수 있어 잘 사용되지 않았으나 광학 현미경을 통한 영상 기법으로 술잔세포를 손쉽게 평가할 수 있다. 결막술잔세포는 점액을 만드는 세포로 눈물이 고르게 퍼지도록 한다. 안구건조증 판별을 위해 술잔세포의 상태를 관찰하는 것이 눈의 질병 상태를 이해하고 진단하는데 중요한 역할을 한다.
- [0004] 기존 방법은 안구표면의 상피층을 떼어 결막 표면의 세포 형태와 종류를 파악하였으나 검사로 인한 세포 변형 가능성이 있으며 세포가 겹쳐서 관찰되는 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해 결막술잔세포 영상 촬영을 통해 안구건조증 정밀 진단이 가능한 안과용 광학 현미경을 사용했다.
- [0005] 결막술잔세포를 고속, 고해상도를 영상화 하기 위해 목시플록사신 기반 형광 현미경 영상법을 활용하였다.
- [0006] 고해상도 영상화를 위한 현미경은 Depth of field (DOF)가 얇기 때문에 초점이 맞지 않는 부분으로 인하여 중요한 정보가 누락되는 문제가 발생한다. 이를 해결하기 위해 깊이 방향으로 스캐닝 촬영하여 각기 다른 초점 영역을 갖는 국소 초점 영상을 획득한 후 결합하여 all-in-focus 영상을 얻을 필요가 있다.
- [0007] 영상 융합은 여러 장의 입력 영상에서 나오는 시각 정보를 하나의 결과 영상에 결합하는 과정이다.
- [0008] 결과 영상은 입력 영상보다 더 정확하고 안정적이며 완전한 정보를 포함하고 있어야 하며 디지털 사진, 의료 진단과 같은 다양한 분야에서 활발한 주제이다.
- [0009] Multi focus image fusion (MFIF) 기법을 적용하여 결과 영상을 얻을 수 있다. 즉, 서로 다른 포커스 레벨의 정적 장면에서 N개의 영상 세트를 이용하여 focal area가 모두 융합된 결과 영상을 얻는 것이다.
- [0010] MFIF 기법은 각각 다른 DOF를 갖는 N개의 입력 영상에 작동한다. 각 영상에 대하여 포커스 측정값이 가장 높은 영역을 평가하여 선택한다. 마지막으로, 다른 영상에서 선택된 영역을 퓨전하여 최종 all-in-focus 영상을 얻을 수 있다.
- [0011] 많은 MFIF 알고리즘이 보고되었으며 주로 transform domain과 spatial domain 방법으로 나뉜다.
- [0012] wavelet transform, contourlet transform과 같이 다른 domain으로 변환된 후 계수를 결합하고 재구성하여 융합된 영상을 생성한다.
- [0013] 하지만 이 방법은 융합 과정에서 일부 정보를 소실할 수 있으며 밝기 또는 색 왜곡을 초래할 수 있다.
- [0014] Spatial domain은 transform domain과 달리 픽셀 밝기 값을 이용하여 융합되므로 간단하게 구현이 가능하고 많은 정보를 보존할 수 있다.
- [0015] 블록 기반 방법 또는 gradient나 에지와 같은 고주파 정보 기반 방법 등 많은 방법이 보고되었다. 초점 영역 검출에는 좋은 성능을 발휘하지만 계산 효율성이나 노이즈에 약하다는 점이 존재한다.
- [0016] 또한, 주로 2장의 영상 융합에만 작동하도록 설계되어있으며 3장 이상의 영상 융합 시 소실되는 정보량이 많아 지거나 매개변수 조절 등의 문제가 있다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

- [0017] (특허문헌 0001) KR 등록특허공보 제10-1662775호(2016.09.28)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0018] 이러한 문제점을 해결하기 위한 본 발명은 다중 영상 융합 시 발생하는 문제점을 해소하며 깊이 방향으로 스캐닝 촬영된 2장은 물론 3장 이상의 영상을 융합할 수 있는 초점 영역 특징점 추출을 이용한 현미경 영상 융합 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0019] 그리고 본 발명은 초점 영역 추출 및 Guided filter를 이용한 현미경 영상 융합 방법을 제공하는 것을 다른 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

[0020] 이러한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 두 개 혹은 그 이상의 국소 초점 영상을 이용해 영상을 융합하는 초점 영역 특징점 추출을 이용한 현미경 영상 융합 방법은, (a)주파수 영역 변환을 통해 초점 영역의 정보 및 에지를 강조하기 위하여 강조된 초점 영역에 Laplacian filter를 적용하고 임계처리를 하여 초점 영역을 추출하는 단계와, (b)초점 영역 확장을 시키며 불필요한 영역을 제거한 후 Guided filter를 적용하여 Guided filter가 적용된 초점 영역을 Final decision map으로 구성하여 pixel-wise weighted-averaging rule을 이용하여 최종 all-in-focus 영상을 결과로 출력하는 단계를 포함하게 구성함으로써 달성될 수 있다.

[0021] 또한, 상기 (a)단계는 (a-1)현미경을 통해 얻은 국소 초점 영상에 변환을 적용하여 주파수 스펙트럼을 추출 후 처리하여 다시 역푸리에 변환을 적용하여 잡음 제거 및 초점 영역을 검출하는 단계와, (a-2)상기 초점 영역에 에지 검출 방법 중 하나인 Laplacian filter를 적용하여 국소 초점 영상에서 보이는 결막술잔세포를 특징점으로 잡는 단계, (a-3)검출된 mask에서 초점 영역이 아님에도 불구하고 mask로 생성된 영역을 제거하기 위해서 일정 픽셀 이하의 개수를 가지는 영역은 제거하는 단계를 포함할 수 있다.

[0022] 그리고 상기 (b)단계는 (b-1)영역이 제거된 mask에서 형태학적 연산을 통해 영역 확장을 진행하는 단계와, (b-2)다음으로 Guided filter를 사용하여 넓은 영역을 보존하면서 영상 경계에 가중치를 적용하여 영상 전체 면적의 1/4 크기가 될때 까지 윈도우 크기가 자동으로 커지도록 제어하는 단계, (b-3)상기 단계에서 설정된 mask 영역에 원본 영상을 곱한 후 각 영상의 픽셀 값을 이용하여 하나의 융합된 영상을 얻는 단계를 포함할 수 있다.

### 발명의 효과

[0023] 따라서, 본 발명의 초점 영역 특징점 추출을 이용한 현미경 영상 융합 방법에 의하면, 깊이 방향으로 스캐닝 촬영하여 각기 다른 초점 영역을 갖는 국소 초점 영상을 획득한 후 결합하여 all-in-focus 영상을 얻을 수 있기 때문에 비침습적으로 안구 건조증 진단이 가능하다.

[0024] 그리고 본 발명의 초점 영역 특징점 추출을 이용한 현미경 영상 융합 방법에 의하면, 개변수를 조정할 필요가 없기 때문에 all-in-focus 영상을 필요로 하는 모든 비전문가도 쉽게 영상을 얻을 수 있다는 이점이 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 본 발명의 일실시예에 의한 영상 융합 방법을 설명하기 위한 흐름도

도 2는 필터를 통해 개선된 결과 영상을 표시한 도면,

도 3은 국소 초점 영상의 초점 영역 검출을 표시한 도면,

도 4는 초점 영역 검출 도면,

도 5는 최종 결정된 map을 표시한 도면,

도 6은 영상 깊이 맵을 표시한 도면,

도 7은 첫번째 현미경 영상을 이용한 융합결과를 나타낸 도면,

도 8은 두번째 현미경 영상을 이용한 융합결과를 나타낸 도면,

도 9는 세번째 현미경 영상을 이용한 융합결과를 나타낸 도면,

도 10은 결막술잔세포 영상을 이용한 융합 결과를 표시한 도면,

도 11은 결막술잔세포 영상을 이용한 융합 결과를 표시한 도면,

도 12는 결막술잔세포 영상을 이용한 융합 결과를 표시한 도면이다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정 해석되지 아니하며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.
- [0027] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "...기", "모듈", "장치" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 및/또는 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [0028] 명세서 전체에서 "및/또는"의 용어는 하나 이상의 관련 항목으로부터 제시 가능한 모든 조합을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 예를 들어, "제1 항목, 제2 항목 및/또는 제3 항목"의 의미는 제1, 제2 또는 제3 항목뿐만 아니라 제1, 제2 또는 제3 항목들 중 2개 이상으로부터 제시될 수 있는 모든 항목의 조합을 의미한다.
- [0029] 명세서 전체에서 각 단계들에 있어 식별부호(예를 들어, a, b, c, ...)는 설명의 편의를 위하여 사용되는 것으로 식별부호는 각 단계들의 순서를 한정하는 것이 아니며, 각 단계들은 문맥상 명백하게 특정 순서를 기재하지 않은 이상 명기된 순서와 다르게 일어날 수 있다. 즉, 각 단계들은 명기된 순서와 동일하게 일어날 수도 있고 실질적으로 동시에 수행될 수도 있으며 반대의 순서대로 수행될 수도 있다.
- [0030] 이하, 도면을 참고하여 본 발명의 일실시예에 대하여 설명한다.
- [0031] 도 1은 본 발명의 일실시예에 의한 영상 융합 방법을 설명하기 위한 흐름도로서, 두 개 혹은 그 이상의 국소 초점 영상을 이용해 영상을 융합한다. 첫 째로 주파수 영역 변환을 통해 초점 영역의 정보 및 에지를 강조한다. 강조된 초점 영역에 Laplacian filter를 적용하고 임계처리를 하면 초점 영역 추출이 가능하다. 둘 째로 초점 영역 확장을 시키며 불필요한 영역을 제거한 후 Guided filter를 적용한다. Guided filter가 적용된 초점 영역은 Final decision map이 되며 pixel-wise weighted-averaging rule을 이용하여 최종 all-in-focus 영상을 결과로 출력한다.
- [0032] **Focal area enhancement**
- [0033] 먼저 현미경을 통해 얻은 국소 초점 영상은 잡음 제거 및 초점 영역 검출이 필요하다. 원본 영상에 푸리에 변환을 적용하여 주파수 스펙트럼을 추출 후 처리하여 다시 역푸리에 변환을 적용하면 원하는 결과를 얻을 수 있다. Input 영상  $I(x,y)$  가 있고 이 영상의 width를  $W$ , height를  $H$  라 할 때 푸리에 변환 식은 다음과 같이 수학식 1로 정의된다.

## 수학식 1

$$F(u,v) = \frac{1}{WH} \sum_{x=0}^{W-1} \sum_{y=0}^{H-1} I(x,y) e^{-j2\pi(ux/W + vy/H)}$$

- [0034]
- [0035] 여기서  $e^{-j2\pi(ux/W + vy/H)}$  는  $x$  축 방향으로 주파수가  $u/W$ ,  $y$  축 방향으로 주파수가  $v/H$  인 sinusoidal 주기 함수이며,  $F(u,v)$  는 주파수 영역으로 변환된 영상 값이다. 주파수 영역으로 변환된 신호에서 convolution 연산은 주파수 성분 사이의 곱셈 연산으로 수행되기 때문에 필터링 연산을 효율적으로 수행할 수 있게 된다.
- [0036] 푸리에 변환을 이용한 필터링 과정은 수학식 2와 같이 요약된다.

## 수학식 2

$$G(u,v) = H(u,v)F(u,v)$$

[0037]

[0038]

$H(u, v)$ 에 적용하여 구현할 수 있는 필터는 다음과 같다. 첫 째로, Low-pass filtering은 낮은 주파수 영역의 정보만 통과시키는 방법이다. 영상에서 잡음을 제거 및 약화하고 blurring하여 에지 등의 세밀한 부분을 부드럽게 만든다. 둘째로, High-pass filtering은 높은 주파수 영역의 정보만 통과시킨다. 영상의 세밀한 부분에 대한 정보를 포함하기 때문에 경계선 검출 분야에 주로 사용한다. 이상적인 Low pass filter와 High pass filter는 수학식 3과 같이 정의된다.

### 수학식 3

$$H_l(u, v) = \begin{cases} 1, & D(u, v) \leq D_0 \\ 0, & D(u, v) > D_0 \end{cases}$$

$$H_h(u, v) = \begin{cases} 0, & D(u, v) \leq D_0 \\ 1, & D(u, v) > D_0 \end{cases}$$

$$D(u, v) = [(u - W/2)^2 + (v - H/2)^2]^{1/2}$$

[0039]

[0040]

수학식 3에서  $D(u, v)$ 는 필터 중앙 좌표에서  $(u, v)$  좌표까지의 거리를 의미하며 일반적으로 유클리디안 거리를 사용하여 계산된다.  $D_0$ 는 cutoff frequency라고 부르며 필터에서 차단할 주파수 성분의 양을 결정하는 값이다.  $H_l(u, v)$ 에서  $D_0$ 값이 커지면 더 많은 저주파 성분을 통과시키며  $D_0$ 값이 작아지면 적은 양의 저주파 성분만을 통과시킨다. 본 발명에서는 가우시안 Low pass filter를 사용하였기 때문에 다음 수학식 4와 같이 정의할 수 있다.

### 수학식 4

$$H_l(u, v) = e^{-D^2(u, v)/2D_0^2}$$

[0041]

[0042]

Low-pass filter와 High-pass filter를 결합하여 특정 주파수 영역대만 통과시키는 Band-pass filter를 얻을 수 있다.

### 수학식 5

$$H_h(u, v) = 1 - H_l(u, v)$$

$$\begin{aligned} H_b(u, v) &= H_l(u, v) \times H_h(u, v) \\ &= H_l(u, v) \times (1 - H_l(u, v)) \end{aligned}$$

$$G(u, v) = H_b(u, v)F(u, v)$$

[0043]

[0044]

[수학식 3]에서 High-pass filter는 Low-pass filter와 반대되는 것을 볼 수 있다. 따라서 [수학식 5]를 통해 Band-pass filter를 설계할 수 있으며 결과값  $G(u, v)$ 를 푸리에 역변환 하여 수학식 6과 같이 개선된 영상



$I(x, y)$  를 얻을 수 있다.

### 수학식 6

$$I(x, y) = \sum_{u=0}^{W-1} \sum_{v=0}^{H-1} G(u, v) e^{j2\pi(ux/W + vy/H)}$$

[0045]

[0046]

본 발명의 Band-pass filter를 원본 영상에 적용하면 다음과 같다. Low-pass filter를 거쳐 잡음을 제거하고 High-pass filter를 거치면서 영상의 세밀한 부분, 즉 초점 영역의 정보가 강조되는 효과를 얻을 수 있다.

[0047]

도 2의 필터를 통해 개선된 결과 영상을 보면, (a)는 원본영상이고 (b)는 BPF를 수행한 영상으로, 영상의 세밀한 부분, 즉 초점 영역의 정보가 강조되어 있는 것을 알 수 있다.

[0048]

### 3. Focal area decision map

[0049]

상술한 방법으로 얻은 초점 영역에 에지 검출 방법 중 하나인 Laplacian filter를 적용한다. Laplacian filter는 수학식 7과 같이 2차 미분을 이용하는 방법이다. 1차 미분은 밝기가 급격하게 변화하는 영역뿐 아니라 점진적으로 변화하는 부분까지 민감하게 에지를 검출하는 반면 2차 미분 연산자는 변화하는 영역의 중심에 위치한 에지만을 검출하기 때문에 불필요한 에지가 나타나지 않는다.

### 수학식 7

$$\begin{aligned} \nabla^2 f &= \frac{d^2 f}{dx^2} + \frac{d^2 f}{dy^2} \\ \frac{d^2 f}{dx^2} &= \frac{df(x+1, y)}{dx} - \frac{df(x, y)}{dx} = [f(x+1, y) - f(x, y)] - [f(x, y) - f(x-1, y)] \\ &= f(x+1, y) - 2f(x, y) + f(x-1, y) \\ \frac{d^2 f}{dy^2} &= \frac{df(x, y+1)}{dy} - \frac{df(x, y)}{dy} = [f(x, y+1) - f(x, y)] - [f(x, y) - f(x, y-1)] \\ &= f(x, y+1) - 2f(x, y) + f(x, y-1) \\ \nabla^2 f &= f(x-1, y) + f(x+1, y) + f(x, y-1) + f(x, y+1) - 4f(x, y) \end{aligned}$$

[0050]

[0051]

Laplacian filter가 적용된 영상은 국소 초점 영상에서 보이는 결막술잔세포를 특징점으로 잡는다. Laplacian filter는 주변 밝기와의 차이 값을 이용하여 에지를 추출하는데 이 때 영상 내의 가는 선이나 고립점에 강하게 반응하기 때문에 임계처리를 진행한다. 임계처리가 진행된 영상은 이진화되어 0과 1로만 표현이 된다.[14] 이진화는 영상 내에서 사물 혹은 물체의 특징 검출 및 인식 등의 분야에 사용되는 방법 중 하나이다. 이진화된 영상은 특정 임계값을 기준으로 픽셀 값이 더 높으면 1, 낮으면 0으로 영상을 출력하게 된다. 따라서 앞서 Laplacian filter를 적용한 영상에 적절한 임계처리를 통해 국소 초점 영상에서 초점 영역을 검출할 수 있다.

[0052]

도 3의 국소 초점 영상의 초점 영역 검출을 표시한 도면을 참고하면, (a)는 도 2의 초점 영역이 강조된 영상이며, (b)는 라플라시안 필터를 이용하여 검출된 초점 영역을 표시한 것이고, (c)는 이진화된 초점 영역을 표시한 것이다.

[0053]

검출된 mask에서 초점 영역이 아님에도 불구하고 mask로 생성된 영역이 있는 것을 확인할 수 있다. 초점 영역이 아닌 부분을 제거하기 위해서 일정 픽셀 이하의 개수를 가지는 영역은 제거를 하면 더욱 정확한 mask를 얻을 수 있다. 이렇게 얻어진 mask는 형태학적 연산을 통해 영역 확장이 진행된다.

[0054]

형태학적 연산은 영상의 기하학적 형태를 분석하는 방법으로 크게 erosion과 dilation이 존재한다. 두 방법 모



두 structuring element를 기준으로 연결성을 정의하는 방법으로 erosion은 structuring element를 완전히 포함하는 부분만 결과 영상으로 출력하며 dilation의 경우 structuring element의 일부분만 겹치더라도 결과 영상으로 출력한다.

[0055] 도 4의 초점 영역 검출 도면을 참고하면, (a)는 초기 초점 영역 mask 영상을 (b)는 불필요한 영역이 제거된 영상을 그리고 (c)는 형태학적 연산을 수행하여 확장된 mask 영상을 표시한 것이다.

[0056] **4. Guided filter**

[0057] Guided filter란 He, Kaiming, et al에 의해 제안된 방법이다.[16] Guided filter는 bilateral filter와 마찬가지로 가장자리를 보존하는 스무딩 필터이다. 특히 커널의 크기와 강도 범위에 관계없이 빠르며 구배 반전 아티팩트로 인해 방해받지 않으며 강한 가장자리가 흐려지는 ringing effect가 발생하지 않는다.

### 수학식 8

$$O_i = a_k I_i + b_k \quad \forall i \in r_k$$

[0058]

[0059] 이론적으로 Guided filter는 출력  $O$ 가 픽셀  $k$ 를 중심으로 한 윈도우  $r$ 에서 guidance image의 선형 변환이라

고 가정한다. 여기서  $r$ 은  $(2n+1) \times (2n+1)$  크기의 윈도우를 의미한다.  $a_k$ 와  $b_k$ 는  $r_k$ 의 선형 상관 계수이며 출력 영상  $O$ 와 입력 영상  $P$  사이의 제곱 차를 최소화 한다.

### 수학식 9

$$E(a_k, b_k) = \sum_{i \in r_k} ((a_k I_i + b_k - P_i)^2 + \epsilon a_k^2).$$

$$a_k = \frac{\frac{1}{|r|} \sum_{i \in r_k} I_i P_i - \mu_k \overline{P_k}}{\delta_k + \epsilon}$$

$$b_k = \overline{P_k} - a_k \mu_k$$

[0060]

[0061]  $\mu_k$ 와  $\delta_k$ 는 각각 윈도우  $r$  내에서  $I$ 의 평균과 분산 값을 의미한다.  $|r|$ 은  $r_k$ 의 픽셀 개수이며  $\overline{P_k}$ 는  $r_k$ 에서  $P$ 의 평균값을 의미한다. 다음으로 출력 영상은 수학식 3에 따라 계산할 수 있다. 윈도우  $r$ 의 중심  $k$ 가 바뀌면

서 결과 영상  $O$ 의 값이 달라지기 때문에 이를 막기 위해  $a_k$ 와  $b_k$ 에서 나올 수 있는 모든 값을 평균화하여 결과 영상을 추정한다.

### 수학식 10

$$O_i = \overline{a_i} I_i + \overline{b_i}$$

[0062]

[0063] 윈도우가 슬라이딩 되면서 모든 영상에 적용이 된다. 윈도우 크기가 클수록 filter가 적용되는 영역이

넓어진다. 따라서 넓은 영역을 보존하면서 영상 경계에 가중치를 적용할 수 있으므로 영상 전체 면적의 1/4 크기가 될 때 까지 윈도우 크기가 자동으로 커지도록 알고리즘을 설계하였다. 자동으로 정해진  $\gamma$  값을 이용하여 전체 영상에 guided filter를 적용한다. Guided filter로 인해 내부 정보를 보존하며 경계에는 가중치 값이 할당된 decision map을 얻을 수 있다.

[0064] 도 5에 최종 결정된 map이 표시되어 있다.

## [0065] 5. Fused result

[0066] Decision map에 원본 영상을 곱한 후 각 영상의 픽셀 값을 이용하여 하나의 융합된 영상을 얻을 수 있다. 각 픽셀에서 max값을 가지는 영상 시퀀스를 선택 후 할당하여 한 장의 all-in-focus 영상을 얻는다. 각 영상 별로 초점이 맞는 영역이 다르며 초점이 맞는 영역일수록 픽셀은 높은 값을 가진다. 또한 겹치는 영역에 대해서는 pixel-wise weighted-averaging rule을 이용한다. Guided filter를 거치면서 mask에 생성된 가중치를 이용하여 영상마다 경계가 두드러지지 않는 자연스러운 연결을 가질 수 있게 된다.

[0067] 도 6에 영상 깊이 맵이 표시되어 있다.

[0068] 이러한 현미경 영상 융합 방법에 대한 실험결과에 대하여 설명한다.

[0069] 기능성 평가를 위해 본 연구에서 제안된 방법을 최근에 소개된 MFIF 방법과 비교한다. Mean shift segmentation DCT focus measure 방법 (Mean shift), Guided filter based 영상 융합 방법 (GFDF), Fstack merging 방법 (Fstack)으로 모두 2장 이상의 영상 융합에 적용이 가능하다.

[0070] 각 알고리즘 실행 코드는 온라인으로 제공되었으며 평가에 사용되는 dataset도 참조하였다.

[0071] 도 7은 첫번째 현미경 영상을 이용한 융합결과를 나타낸 도면이고, 도 8은 두번째 현미경 영상을 이용한 융합결과를 나타낸 도면, 그리고 도 9는 세번째 현미경 영상을 이용한 융합결과를 나타낸 도면으로 각 도면에서 (a)는 Mean shift, (b)는 GFDF, (c)는 F-stack 그리고 (d)는 결과 영상이다.

[0072] 본 발명에서 결막술잔세포 영상은 쥐를 통해 얻었다. 주어진 all-in-focus를 위한 현미경 영상은 촬영된 쥐 (subject) 별로 상의하며 총 데이터 셋은 10개이다. 우리의 방법은 2장 이상의 영상 융합에 관한 기존 MFIF 방법과 비교하였다.

[0073] 도 11 내지 도 13의 결막술잔세포 영상을 이용한 융합 결과를 표시한 도면을 참고하면 (a)는 Mean shift, (b)는 F-stack, (b)는 GFDF 그리고 (c)는 결과 영상이다.

[0074] Mean shift 방법의 경우 컬러 영상에만 적용할 수 있다는 특성 때문에 결막술잔세포 영상에는 적용하지 못하였으며 GFDF와 F-stack 방법과 비교하였다. GFDF의 경우 데이터의 양이 많아질수록 융합되는 과정에서 소실되는 정보의 양이 많아지는 것을 볼 수 있다. F-stack은 결막술잔세포 영상 융합 시 탁월한 융합 결과를 보였으나 개체 영상이 변할 때마다 매개변수 값을 조절해야 하며 융합해야한다는 단점이 있다. 하지만 본 연구에서는 조절해야 하는 매개변수의 값을 자동화함으로써 개체 및 영상의 종류에 상관없이 all-in-focus 영상을 출력할 수 있도록 하였다.

[0075] 결국 본 발명은 국소 초점 영상을 이용한 all-in-focus 생성 방법에 대한 것으로, 주파수 영역 변환, 특징점 검출, 형태학적 연산, guided filter 사용 등 영상 처리 분야에서 기본이 되는 방법을 사용하였다.

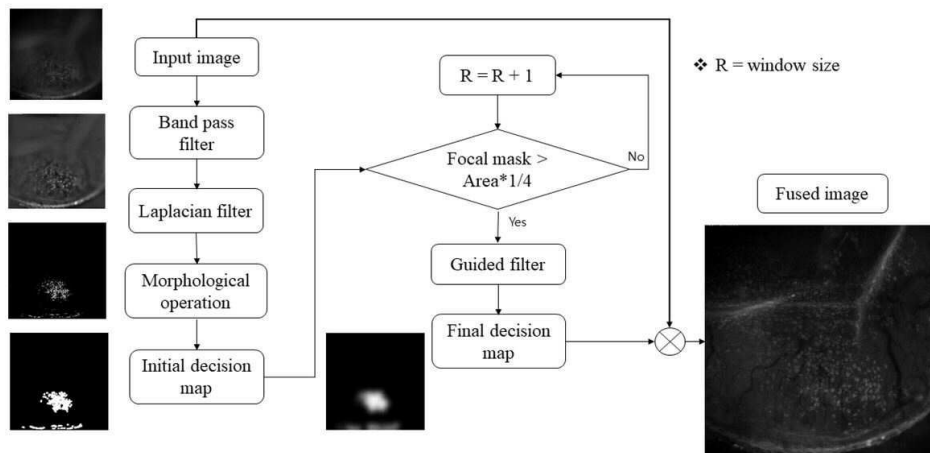
[0076] 기존의 MFIF 기법과 다르게 매개변수에 자유로우며 2장 혹은 2장 이상의 영상에도 제약 없이 사용할 수 있도록 알고리즘을 설계하였다.

[0077] 결막술잔세포 영상은 안구건조증 진단을 위해 필요한 영상인 만큼 비전문가도 쉽게 알고리즘에 접근할 수 있어야 한다. 이와 관련, 매개변수를 조정할 필요가 없기 때문에 all-in-focus 영상을 필요로 하는 모든 비전문가도 쉽게 영상을 얻을 수 있다는 이점이 존재한다.

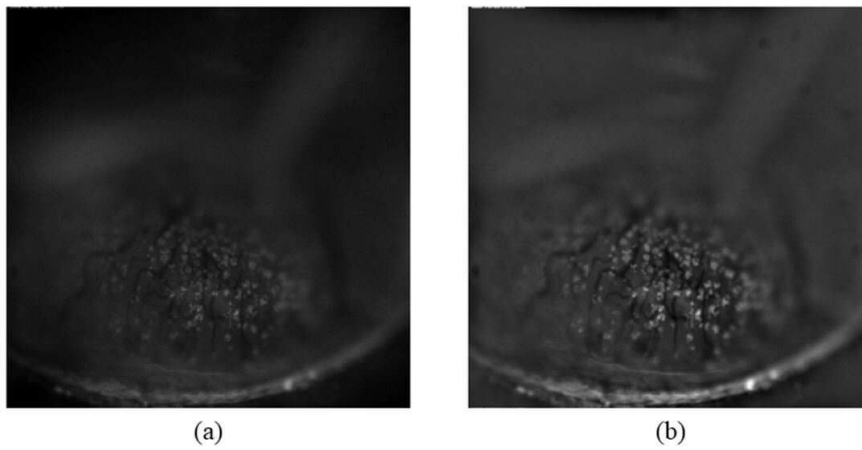
[0078] 이상에서 본 발명은 기재된 구체예에 대하여 상세히 설명되었지만 본 발명의 기술사상 범위 내에서 다양한 변형 및 수정이 가능함은 당업자에게 있어서 명백한 것이며, 이러한 변형 및 수정이 첨부된 특허 청구범위에 속함은 당연한 것이다.

도면

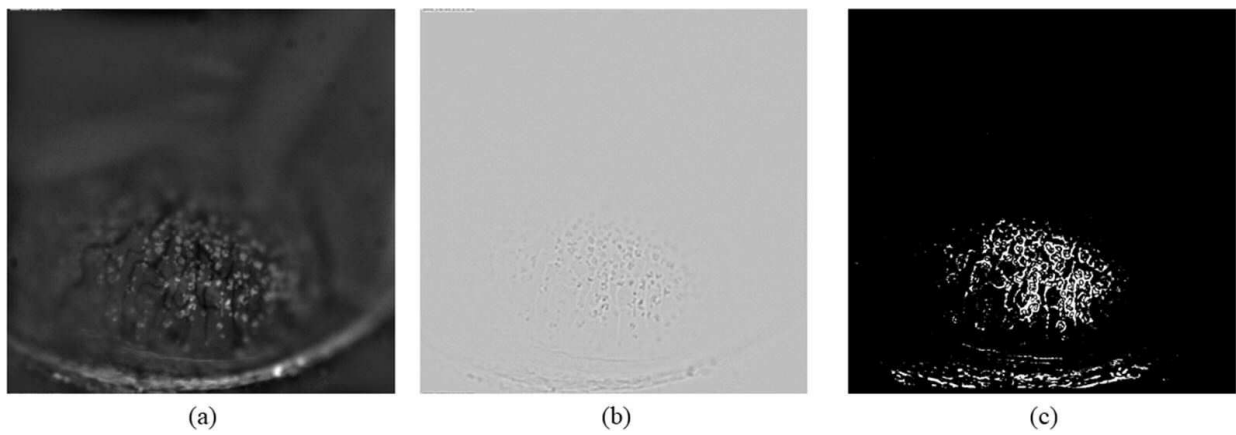
도면1



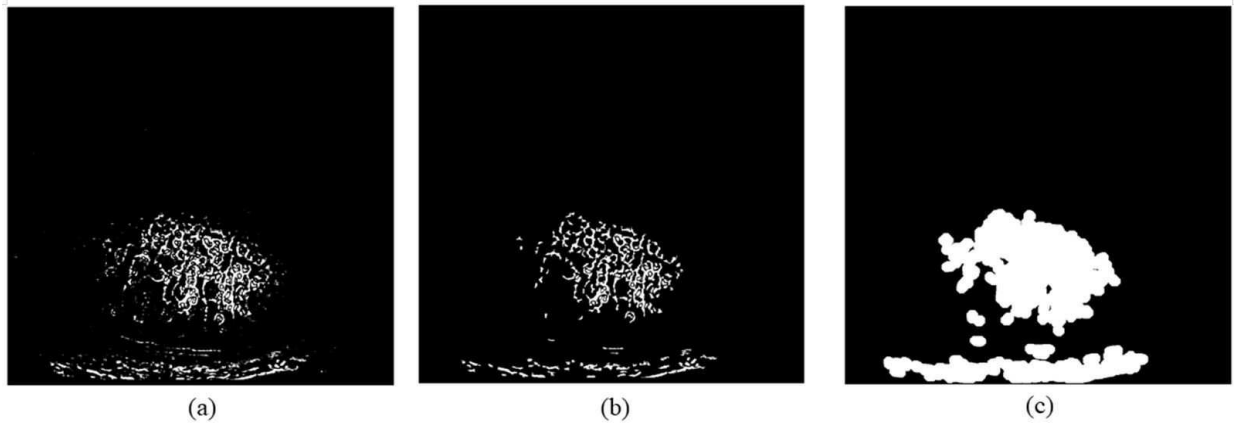
도면2



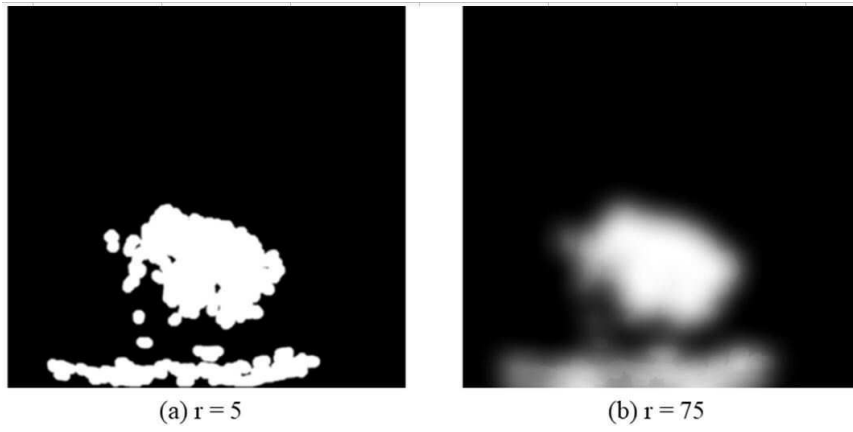
도면3



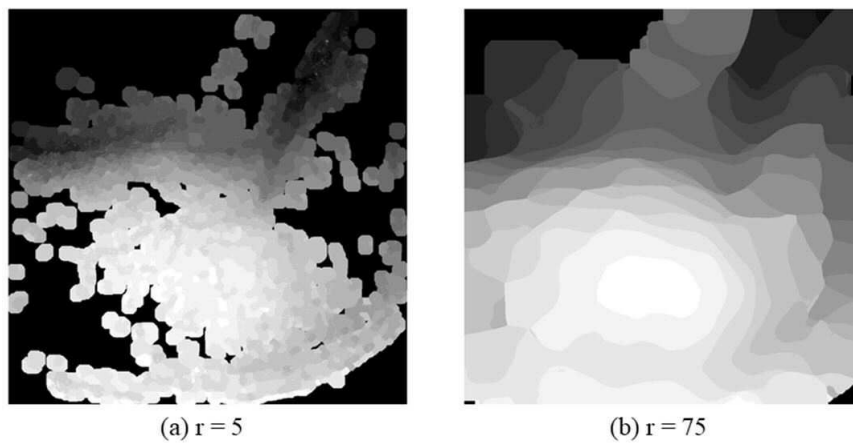
도면4



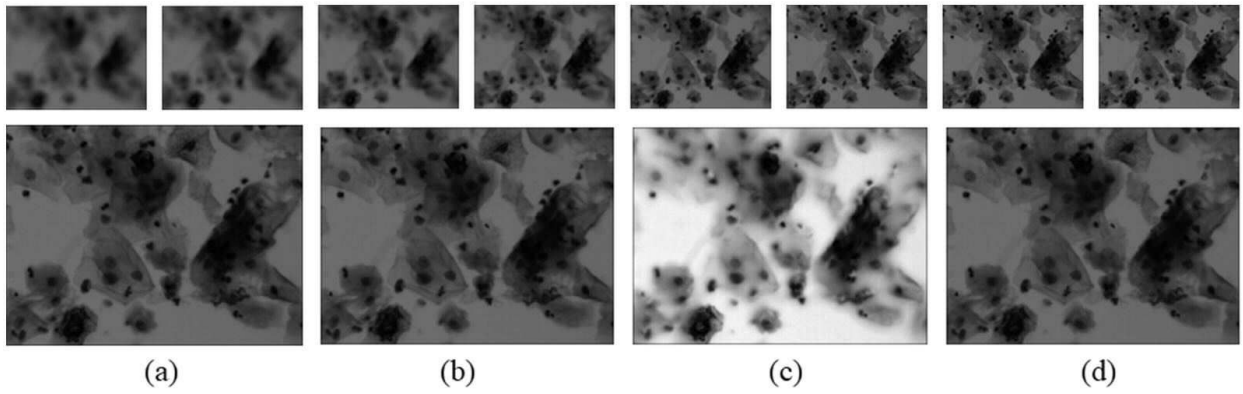
도면5



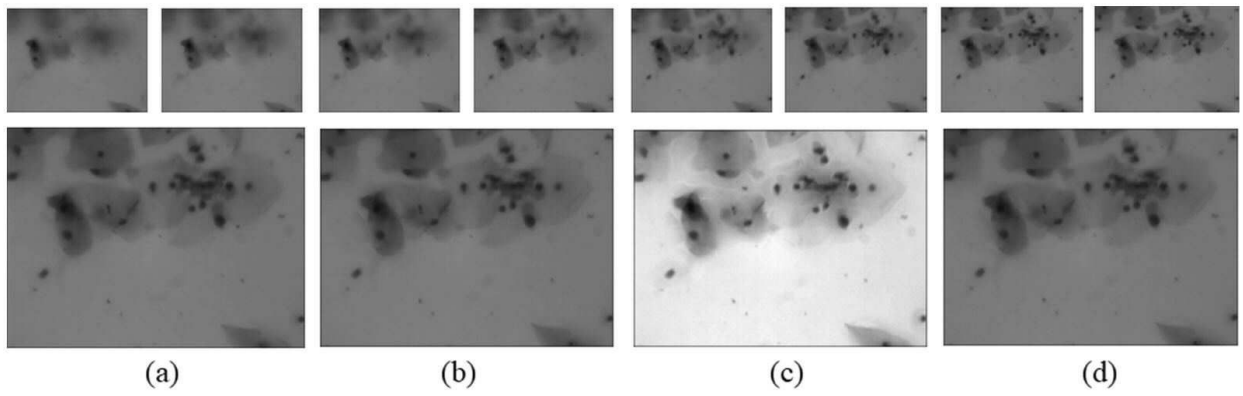
도면6



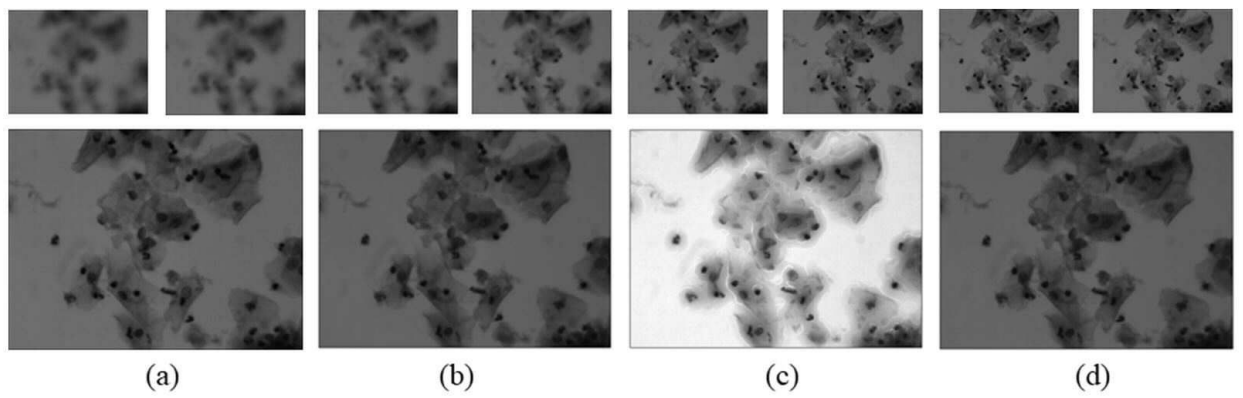
도면7



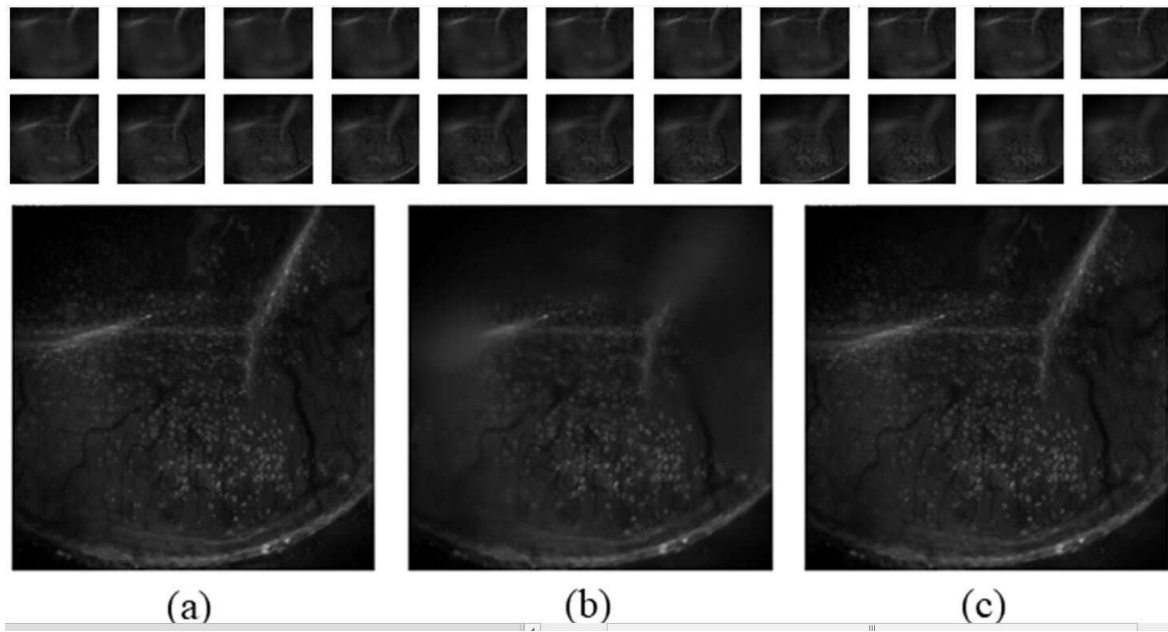
도면8



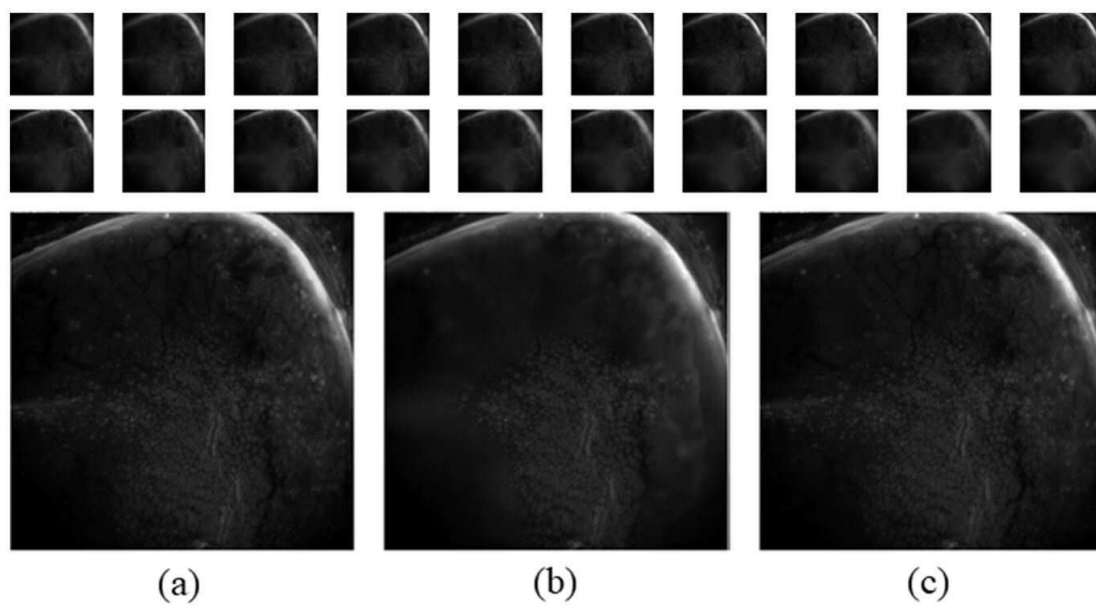
도면9



도면10



도면11





도면12

