

혀 움직임의 확대 관찰을 위한 광류 도출 연구

김근호¹¹한국한의학연구원 디지털임상연구부 책임연구원

rkim70@kiom.re.kr

Study on Optical Flow Extraction for Enlarged Observation of Tongue Movement

Keun Ho Kim¹¹Digital Health Research Division, Korea Institute of Oriental Medicine

요 약

혀의 동작과 떨림은 건강 상태를 평가하는 중요한 지표로, 혀의 움직임을 정확히 추적하려면 영상 분석 기술을 사용하여 물체의 움직임을 추적해야 합니다. 이 연구에서는 표면 특징이 불명확한 혀의 미세한 움직임을 명확히 보기 위해 광류(optical flow) 기술을 사용해 움직임을 확대했습니다. 이를 위해 이미지 확대(upsampling) 알고리즘과 광류 벡터 확대 알고리즘 두 가지 방법을 비교하여, 혀 움직임을 더 정밀하게 추적할 수 있는 방법을 찾고자 했다. 연구 결과, 벡터 확대 알고리즘이 더 정확한 광류를 생성하는 것으로 나타났다. 이는 이미지 확대에서 발생할 수 있는 aliasing 효과를 줄이고, 움직임의 방향과 속도를 더 정확히 표현하기 때문이다. 이러한 방법은 혀뿐만 아니라 초음파 영상을 통한 위장관이나 심장의 움직임을 정밀하게 추적하는 데도 유용할 수 있다. 이 연구는 광류 기반 움직임 분석이 다양한 의료 영상에서 유용하게 사용될 수 있는 가능성을 보여주며, 향후 진단과 치료 모니터링에 중요한 도구가 될 수 있음을 시사한다.

1. 서론

혀는 인체의 상태를 나타내는 중요한 임상적, 병리적 지표로, 건강 상태의 다양한 정보를 제공한다. 혀의 색상, 설태의 양과 색, 모양, 두께, 자발적 및 비자발적 움직임 등은 모두 건강 상태를 평가하는 지표가 될 수 있다. 예를 들어, 혀의 색상 변화는 영양 상태나 혈액 순환 문제를, 설태의 양과 색은 소화기 문제를 나타낼 수 있다. 혀의 모양과 두께는 내과적 질환과 관련될 수 있으며, 움직임은 신경계 상태를 반영할 수 있다. 특히, 비자발적 혀의 움직임과 떨림은 다른 신체 부위의 진전 없이 혀에만 나타나는 증상으로, 본태성 진전, 파킨슨병, 뇌간 병변, 신경 정신과적 문제와 관련이 있다. 한의학에서는 이러한 움직임을 심비의 이경에 열이 쌓이거나, 비에 미열이 있어 혀로 이어지는 낙맥이 긴장된 결과로 설명한다[1,2]. 이 관점은 혀 상태를 통해 체내 열과 에너지 불균형을 진단하고 치료하는 단서를 제공한다.

혀의 움직임을 정밀하게 분석하려면 고해상도 영상 분석 기술이 필요하다. 혀의 움직임은 매우 복잡

하고 섬세하여, 이를 정확히 추적하기 위해서는 고도의 영상 처리 기술이 필수적이다. 다양한 분야에서 물체 움직임 추적 기술이 연구되고 있으며, 혀 움직임 추적 역시 의학 영상 분석의 중요한 분야이다. 예를 들어, 차영상 기법을 이용한 이동 객체 추적[3], 다중 객체 동작 추적 알고리즘[4], 깊이 카메라를 이용한 3D 객체 추적[5], 재활 치료의 사람 동작 추적[6] 등이 있다. 광류(optical flow) 기술은 영상 내 픽셀 움직임을 벡터로 표현하여 정밀한 추적을 가능하게 한다[7]. 이 기술들은 의료 영상 분석에 널리 사용되며, 혀의 움직임 분석에서도 중요한 역할을 한다.

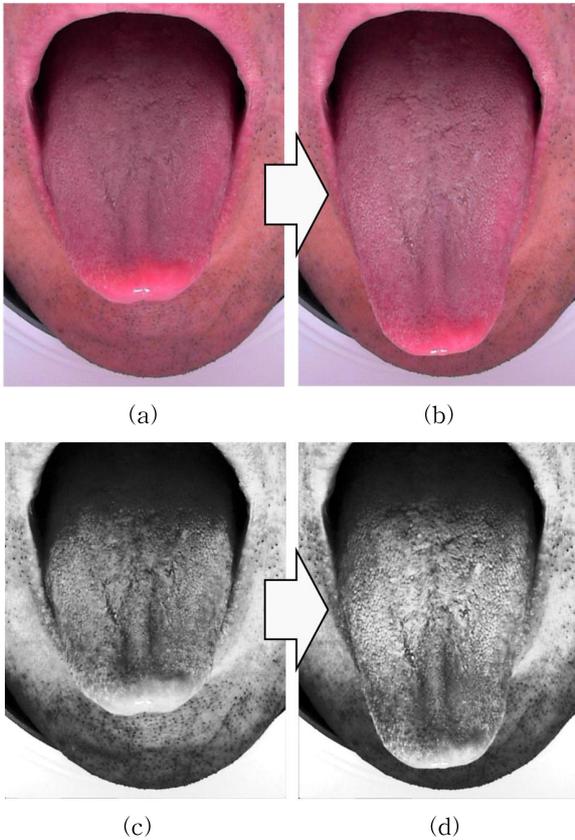
최근 한국한의학연구원 등에서는 정밀한 혀 영상을 촬영할 수 있는 장치를 개발하여 고품질의 영상을 얻는 데 성공했다[8]. 이 장치는 병원용과 재택형으로 나뉘어, 각각 임상 연구와 환자의 자가 모니터링에 활용된다. 이런 장치는 비침습적으로 건강 상태를 모니터링하고, 맞춤형 진단과 치료 계획 수립에 기여하고 있다. 본 연구는 혀의 미세한 움직임을 명확히 관찰하고 분석하는 방법을 제시하기 위해 광류 기법을 사용하여 혀 움직임을 확대해 시각화하는

연구를 진행했다. 여기서 이미지 확대(upsampling) 알고리즘과 광류 벡터 확대 알고리즘의 성능을 비교하여 최적의 분석 방법을 도출했다.

2. 본론

2.1. 공유 알고리즘

혀의 움직임을 추적하기 위해 여러 단계의 처리가 필요하다. 첫 번째로, 혀 촬영 장치를 이용해 정면과 측면에서 짧은 간격으로 연속 촬영하여 혀의 움직임 데이터를 수집한다. 두 번째로, 선택된 두 장의 영상을 흑백으로 변환하여 색상 요소를 제거하고, 명암 대비를 통해 움직임을 더 선명하게 분석한다. 세 번째로, 히스토그램 평준화를 통해 영상의 명암비를 조정하여 혀의 경계를 강조한다. 이러한 전처리 과정은 이후 분석의 정확성을 높이는 데 중요한 역할을 한다.



(그림 1) 연속 정면 영상과 히스토그램 평활화 영상

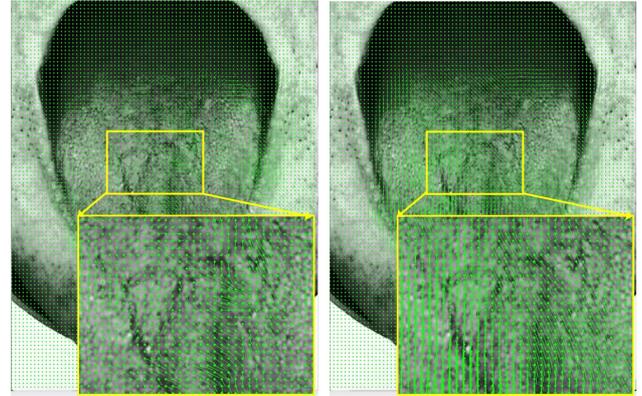
2.2. 이미지 확대 알고리즘

앞의 공유 알고리즘의 처리 후 이미지 확대 알고리즘이 적용된다. 네 번째로, 두 영상에 대해 업샘플링(upsampling)을 각각 수행하여 해상도를 2배로 확대한다. 다섯 번째로, Farneback 방법을 사용해 확대된 영상 간의 광류를 계산하여, 미세한 움직임도

정확히 추적한다.

2.3. 벡터 확대 알고리즘

벡터 확대 알고리즘은 초기 광류 벡터를 생성한 후, 이를 2배 해상도의 광류를 만든다. 이 방법은 벡터의 정보를 보존하면서 확대하여, 더욱 정밀한 움직임 분석이 가능하다.



(그림 2) 혀의 중심 부분을 확대한 벡터 영상 (a) 업샘플링된 영상의 광류 및 (b) 업샘플링된 광류

2.4. 구현 환경

이 알고리즘들은 Intel Core i7 2.1GHz 시스템의 Windows 11 환경에서 Visual Studio 2022와 OpenCV 3.0을 이용해 구현되었으며, 결과 영상은 JPG 형식으로 저장되어 성능 평가에 사용되었습니다. 다양한 실험과 파라미터 튜닝을 통해 알고리즘이 최적화되었다.

3. 결과

이 연구에서는 표면의 특징이 불명확한 혀의 움직임을 시각적으로 표현하기 위해 두 가지 알고리즘을 사용하여 광류(optical flow)의 확대된 결과를 구현하고 비교했다. 첫 번째 방법은 이미지 확대 알고리즘으로, 영상의 해상도를 높여 픽셀 단위에서 미세한 움직임을 추적하였다. 두 번째 방법은 벡터 확대 알고리즘으로, 광류 벡터를 2배의 해상도로 확대해 움직임의 방향과 속도를 더욱 정밀하게 분석하였다.

그림 1에서 (a)와 (b)는 연속된 두 정면 영상을 보여주고, (c)와 (d)는 히스토그램 평활화 결과를 보여주었다. 이러한 과정은 영상의 명암 대비를 높여, 혀의 움직임을 더 명확하게 시각화한다.

그림 2의 확대된 영상에서는 이미지와 벡터 확대

방법의 차이를 더 구체적으로 볼 수 있었다. (a)는 이미지 업샘플링을 통해 얻어진 광류를 나타내며, (b)는 광류 벡터를 업샘플링한 결과를 보여준다. 벡터 확대는 원래의 벡터 정보를 유지하면서 해상도를 높여, 움직임의 변화를 더 명확하게 포착한다. (a)에서는 혀의 갈라진 부분이 왼쪽으로 이동하는 광류 벡터가, (b)에서는 위로 이동하는 광류 벡터가 관찰되었다. 이는 혀의 움직임 방향이 시간에 따라 어떻게 변화하는지를 보여주었다.

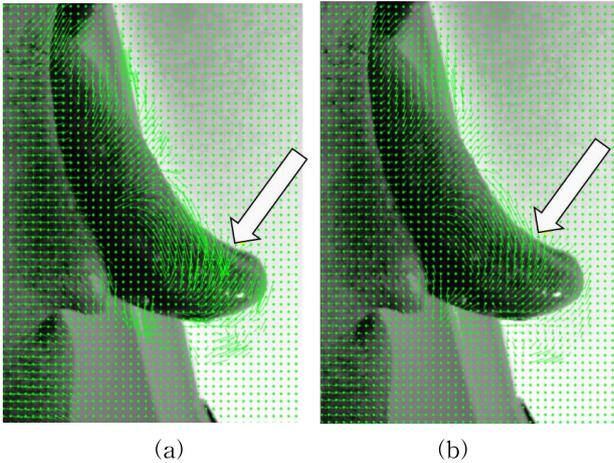


그림 3. 측면 영상 (a) 업샘플링된 영상의 광류 및 (b) 업샘플링된 광류

그림 3에서 (a)는 이미지 업샘플링으로 얻어진 광류를 나타내었다. 화살표로 표시된 곳에서 소용돌이 형태의 광류 벡터가 혀의 복잡한 움직임을 시각적으로 표현합니다. (b)는 광류 벡터를 업샘플링하여, 혀의 움직임이 일관되게 위로 향하는 것을 보여주었다. 이는 혀의 변형 방향과 일치하며, 두 알고리즘이 어떻게 다른 움직임 분석 결과를 제공하는지 보여주었다.

이 연구는 이미지 업샘플링이 작은 움직임을 강조하는 데 효과적이고, 벡터 업샘플링이 움직임의 전반적인 패턴을 더 정밀하게 표현하는 데 유리하다는 것을 보여주었다. 혀의 움직임 분석에서 상황에 따라 적절한 방법을 선택하는 데 중요한 자료로 활용될 수 있다.

4. 결론

이미지 확대 알고리즘과 벡터 확대 알고리즘을 비교한 결과, 벡터 확대 알고리즘이 더 정확한 광류 결과를 제공하는 이유는 다음과 같다. 이미지 업샘플링을 수행할 때, 영상의 해상도를 높이기 위해 각 픽셀을 확대하는 과정에서 객체의 경계면에 있는 픽

셀들이 aliasing 효과로 인해 왜곡될 수 있다. 이러한 aliasing 효과는 경계면의 픽셀값들을 부정확하게 변형시켜, 실제 움직임의 위치를 정확하게 추적하기 어렵게 만든다. 결과적으로, 이미지 업샘플링은 객체의 미세한 움직임을 추적하는 데 있어 한계가 있으며, 정확한 움직임 벡터를 계산하는 데 어려움을 겪을 수 있다.

반면, 벡터 확대 알고리즘은 광류 벡터를 직접 확대하여 움직임의 방향과 속도 정보를 더욱 정밀하게 유지할 수 있다. 이 방법은 픽셀 확대 과정에서 발생하는 데이터 손실이나 왜곡을 최소화하며, 움직임 벡터의 세부적인 변화를 더 정확하게 포착할 수 있도록 한다. 따라서 벡터 확대 알고리즘은 움직임을 더 정확하게 분석하고 표현하는 데 유리한 장점을 가지고 있다.

확대와 Farneback 알고리즘을 통해 광류를 구했는데, Farneback 알고리즘 대신에 Horn-Schunck, Pyramidal Lucas-Kanade 등의 알고리즘을 적용할 수 있고, FlowNet, RAFT 등의 딥러닝 알고리즘을 적용할 수 있는데, 중요한 것은 확대 시 데이터 손실이나 왜곡을 최소화해야 정확한 광류를 구할 수 있다는 것이다. 추후 이러한 알고리즘들에 대해서도 실험을 진행하려고 한다.

이러한 분석 방법은 혀 움직임의 정밀한 추적뿐만 아니라, 다른 의학적 영상 분석에서도 널리 활용될 가능성이 크다. 예를 들어, 초음파 영상을 이용한 위장관의 움직임 추적이나, 심장 초음파 영상을 통해 심장의 움직임을 정밀하게 모니터링하는 데에도 효과적으로 사용할 수 있다. 이 방식은 비단 혀의 움직임 분석에만 국한되지 않고, 신체 내부 장기의 복잡한 움직임을 더욱 정밀하게 추적하고 분석하는데 중요한 도구가 될 수 있을 것이다. 특히, 임상 연구나 의료 현장에서 질병 진단 및 치료 계획 수립에 필요한 정밀한 움직임 데이터를 제공함으로써, 더 정확한 의료 서비스를 제공하는 데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

이 연구는 한국한의학연구원의 지원을 받았습니다. (과제번호: KSN1824130)

참고문헌

[1] J.T. Je and S.K. Lee, "A clinical report of acupuncture on tongue involuntary movement," The

Journal of Internal Korean Medicine, pp. 331-334, 2010.

[2] M. Hirose, T. Kitagawa, and T. Suenaga, "Visualization of Parkinsonian tongue tremor on ultrasonography," JAMA Neurol., vol. 79, no. 10, pp. 1081-1082, 2022.

[3] M.K. Oh, "Tracking of Single Moving Object based on Motion Estimation," Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, vol. 6, no. 4, pp. 349-354, 2005.

[4] J. Dan and Y. Yuan, "A multi-object motion-tracking method for Video Surveillance," SNPD 2007, Aug. 2007.

[5] S.K. Kwon and H.J. Kim, "Tracking Method for Moving Object Using Depth Picture," Journal of Korea Multimedia Society, vol. 19, no. 4, pp. 774-779, 2016.

[6] H. Zhou, and H. Hu, "Human motion tracking for rehabilitation - A survey," Biomedical Signal Processing and Control, vol. 3, no. 1, pp. 1-18, 2008.

[7] D. Fortun, P. Bouthemy, and C. Kervrann, "Optical flow modeling and computation: A survey," Computer Vision and Image Understanding, vol. 134, pp. 1-21, 2015.

[8] C.J. Jung, Y.J. Jeon, J.Y. Kim, K.H. Kim, "Review on the current trends in tongue diagnosis systems," Integr. Med. Res., vol. 1, no. 1, pp. 13-20, 2012.