

불임 진단 보조용 컴퓨터 비전 시스템

공용해*, 이범석**, 정종석*
* 순천향대학교 정보기술공학부
** 신석지능 소프트웨어

A Sterility Diagnosis Assisting Computer Vision System

Yong Hae Kong*, Bum-Seok Lee**, Jong-Suk Jung*
* Division of Information Technology Engineering, Soonchunhyang University
** Shinsuk Intelligent Software

요 약

본 연구는 컴퓨터 비전 시스템을 위한 라이브러리를 설계 및 구현하고, 이를 적용하여 적정량의 정액 내에 분포되어 있는 정자의 수를 측정하는 불임 진단 보조용 시스템을 개발하였다. 본 시스템은 육안으로 검사하던 수작업을 자동화하여 의사의 주관적 진단에 신뢰도 높은 수치화된 정보를 제공할 수 있다. 또한 범용 주변 장치와 윈도우즈 환경을 사용함으로써 경제성, 확장성, 호환성을 가질 뿐만 아니라 윈도우즈 사용자에게 친숙하고 편리한 인터페이스를 제공할 수 있다. 개발된 시스템의 성능을 병원에서 제공된 영상으로 테스트하였다.

1. 서론

산업화 사회인 요즘은 여러 가지 유해 환경에 인하여 남성 불임이 늘어나고 있다. 남성 불임의 대표적인 진단 방법은 정자 분석이며 현재 대부분의 병원에서는 의사의 육안 진단에 의하여 일일이 수작업으로 이루어지고 있다. 혹은 소수의 대형 병원에서 컴퓨터 정액 분석기(CASA: Computer Aided Sperm Analyzer)를 이용하기도 하나, CASA는 매우 고가 기기이므로 일반 병원에서는 거의 사용하지 못하고 있다.

이에 따라 본 연구는 병원이 이미 보유하고 있는 개인용 컴퓨터와 광학현미경에 영상 캡처 보드와 카메라를 장착하여 정액 영상을 입력받고, 컴퓨터 비전 기법을 이용하여 단위 정액에 분포한 정자 농도의 수치 정보를 제공하는 불임 진단을 보조할 수 있는 컴퓨터 비전 시스템을 개발하였다.

개발된 시스템은 이미 상용화되어 있는 일반용 주변 장치를 이용하므로 고가의 의료 장비를 따로 구입할 필요 없이 저가로 구축 가능할 뿐만 아니라, 원

도우즈 환경을 사용함으로써 사용자에게 친숙하고 편리한 인터페이스를 제공할 수 있다. 의사가 직접 실시하는 정액 농도 검사는 대부분 1회의 주관적 육안 검사에 그치지만 개발된 시스템을 이용할 경우 단시간에 복수의 샘플 영상을 처리한 평균값을 제공할 수 있으므로 보다 객관적이고 신뢰성 높은 정액 농도 정보를 제공할 수 있다.

또한 이러한 컴퓨터 비전 시스템 구축에 공통적으로 필요한 알고리즘들을 라이브러리의 형태로 개발하여 전체 시스템 구축에 필요한 노력을 줄이고 향후 시스템의 확장성과 호환성을 유지할 수 있도록 하였다. 이렇게 개발된 시스템의 성능을 측정하기 위해 의료기관에서 제공된 정액 영상 샘플을 대상으로 성능 실험을 수행하였다.

2. 컴퓨터 비전 시스템 설계

컴퓨터 비전(Computer Vision)이란 투시된 영상들로부터 주어진 장면에 관한 유용한 장면을 추출하는 작업을 말한다[1]. 본 연구에서 개발한 시스템은 컴퓨터 비전 시스템을 바탕으로 설계되었으며, 영상획득, 영상분할, 영상정제, 농도측정, 특징추출, 인식을 위한

본 연구는 1999년 순천향대학교 산학연 콘소시움 지원에 의해 연구되었음

알고리즘 등을 포함한다. 시스템의 확장성과 호환성을 위하여 윈도우즈 환경의 동적 라이브러리로 제작하여 영상 취득부터 최종 인식까지 구현 가능한 컴퓨터 비전 라이브러리 시스템을 구축하였다. 이중 영상 획득 부분은 전체 프로그램 모듈 중 가장 하드웨어 의존적인 부분으로 본 시스템에서는 현재 많이 사용되고 있는 Win32 플랫폼을 기반으로 개발하여 최대한의 하드웨어 독립성을 유지하고자 하였다.

그림 2.1은 이러한 라이브러리의 일부 기능을 이용하여 구축한 시스템의 전체적인 동작 구성도를 보였으며, 필요에 따라 on-line과 off-line으로 선택적인 정책 분석 작업이 가능하도록 하였다.

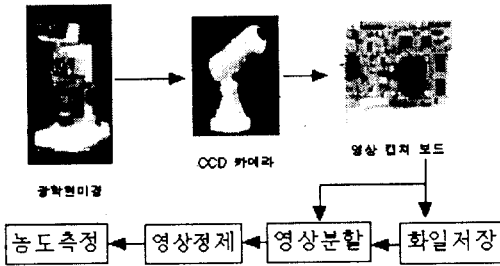


그림 2.1 시스템 동작 구성도

2.1. 영상획득 및 분할

범용 PC 플랫폼을 사용할 경우 다양한 하드웨어를 활용할 수 있어야 하므로 라이브러리의 사용은 필수적이다. Win32 플랫폼에서는 비디오 입/출력을 위한 API로 Video for Windows 라이브러리를 제공하고 있다. 이 라이브러리의 일부인 VidCap 라이브러리는 비디오 카메라의 영상을 입력하기 위한 것이다. 하드웨어를 직접 제어하지 않고 VidCap 라이브러리를 활용하면 하드웨어의 변화에 영향을 받지 않을 수 있다.

광학 현미경에 장치된 흑백 CCD 카메라를 통해 입력된 비디오 신호를 VidCap을 통해 구현된 영상 획득 루틴을 통해 정액 영상을 입력한다. 정액 분석 시 기준 영역내의 전자 수에 대한 측정이 필요하므로 눈금이 표시된 마플러 위에 정액을 5ml 가량 떨어뜨려 측정한다. 이러한 눈금을 기준으로 영역 내의 전자 수를 측정해야 하므로 정액 영상에서 눈금자를 이용해 영상을 분할하였다. 이렇게 분할한 영상을 그림 2.2에 보였다.

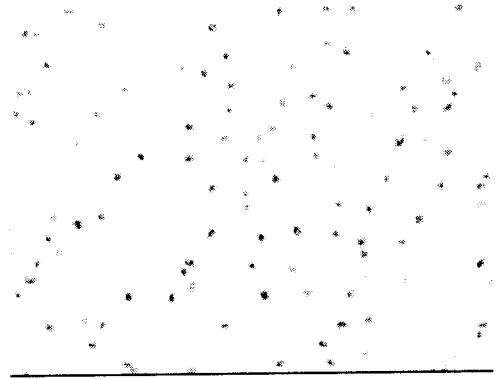


그림 2.2 분할된 정액 영상

2.2. 영상 정제

2.2.1. 이진화

명암을 가지는 영상은 대상물과 배경을 분리한 이진 영상으로 변환되어야 한다[2,3]. 정액 영상의 이진화에 다양한 알고리즘을 적용한 실험 결과 그라디언트 히스토그램을 이용한 이진화가 효과적이었다. 이에 따라 영상 내의 모든 화소에 화소를 중심으로 그 주변 화소와의 명도 차이를 계산하여 히스토그램을 구성한 후, 히스토그램의 피크값을 구하여 이진화 임계값으로 사용하였다. 그림 2.3은 획득한 정액 영상에 그라디언트 히스토그램 이진화를 적용한 결과이다[4].

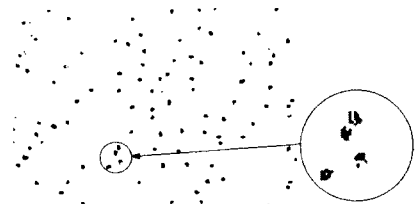


그림 2.3 이진화된 영상

2.2.2. 잡음 제거

이진화된 영상을 처리하기 전에 미리 영상의 잡음을 제거하는 것은 매우 중요하다. 이진 영상의 잡음은 보통은 Salt-Pepper 잡음이며 이러한 잡음은 간단한 이웃 화소 테스트에 의해 쉽게 제거될 수 있다.

2.2.3. 메디안 필터링

메디안 필터링은 근접한 화소 사이의 필터 계산에 공간적인 결합력을 사용하는 방법으로, $n \times n$ 필터 내의 화

소를 정렬하여 Shot Noise 제거에 사용된다.

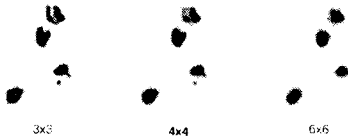


그림 2.4 Median Filtering 후 영상

그림 2.4는 정자 영상 데이터에 메디안 필터를 적용한 결과로서 메디안 필터 영역이 커질수록 숫자의 가장자리 부분이 부드러워짐을 알 수 있다. 그러나 필터 영역을 너무 작거나 혹은 너무 크게 설정하면 원영상이 왜곡될 수 있으므로 적절한 필터의 크기를 실험에 의해 선택하였다[5,6].

2.3. 농도 측정

정자는 통상 2~10 μ m의 크기를 가지고 있으므로 이보다 작거나 큰 영상은 정자 영상으로 인식되어서는 안 된다. Salt-Pepper 잡음이 아닌 비교적 큰 덩어리의 잡음을 제거하려는 경우, 영상 특징의 일부가 제거되어 버리는 부작용이 발생할 수 있다.

정액 영상 내에 존재하는 세부 영상들의 크기 정보를 구하기 위해 블립 알고리즘을 사용하여 고립된 영상 영역을 검출하였다. 실험에 의해 구한 적정 정자 영상의 크기 구간 내의 영상만을 남기고 나머지 영상들은 모두 제거하였다. 이렇게 구한 일정한 크기의 영상 개체를 정자 영상으로 인식하여 계수한 결과를 단위 정액의 농도로 사용하였다.

2.4. 특징 추출 및 인식

상기의 과정에 의해 가공된 영상으로부터 인식에 필요한 특징을 추출하는 알고리즘과 이렇게 구해진 특징을 인식하는 신경회로망을 동적 라이브러리화하였다. 이에는 대표적인 특징으로 사용되는 세션화, 망 특징, 마스크 연산 알고리즘 등이 포함되었으며, 복수의 신경회로망을 동시에 사용할 수 있는 오류 역전파 신경회로망의 학습 및 인식 모듈을 추가하였다[7,8,9].

3. 실험결과

현미경으로부터 입력된 정액 영상을 그라디언트 이진화에 의해 그림 2.2의 영상을 그림 3.1과 같이 이진화하였다. 잡음 제거와 메디안 필터링 후, 일정 크기의 영상

을 블립 알고리즘으로 찾은 결과를 그림 3.2에 보였으며 정자 영상의 수를 측정한 결과를 그림 3.3에 보였다.

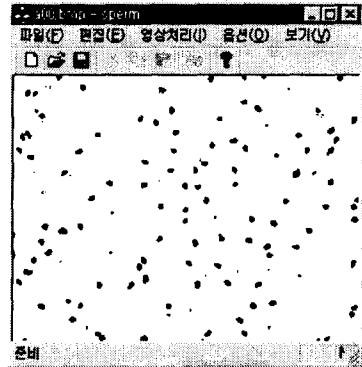


그림 3.1 그라디언트 이진화된 영상

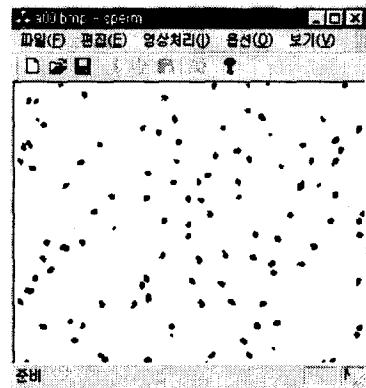


그림 3.2 영상정제 후의 정자영상



그림 3.3 정액 농도 측정 결과

다양한 정액 영상의 분석에 개발된 시스템에 의한 계측 결과를 표 1에서 보였다. 정액 영상에서

정자 유무를 판별할 때 절대적 크기 구간을 사용하였을 경우 평균 6.1%의 오차가 있었으며, 정자 크기의 중간값을 이용한 상대 범위 구간을 사용하였을 경우 평균 5.9%의 오차를 나타내 상대 범위 구간의 적용이 다소 효과적임을 보였다.

표 1 육안 계측과 자동 계측 결과

| 육안 계측 결과 | 자동 계측 결과 | | | |
|----------|----------|-------|-------|-------|
| | 절대 범위 | 사용시 | 상대 범위 | 사용시 |
| 103개 | 101개 | 1.9% | 100개 | 2.9% |
| 108개 | 113개 | 4.6% | 111개 | 2.7% |
| 96개 | 94개 | 2.0% | 98개 | 2.0% |
| 83개 | 87개 | 4.8% | 85개 | 2.4% |
| 114개 | 117개 | 2.6% | 112개 | 1.7% |
| 81개 | 84개 | 3.7% | 82개 | 1.2% |
| 49개 | 55개 | 12.2% | 54개 | 10.2% |
| 67개 | 68개 | 1.4% | 69개 | 2.9% |
| 88개 | 99개 | 12.5% | 100개 | 13.6% |
| 110개 | 130개 | 18.1% | 131개 | 19.0% |
| 104개 | 108개 | 3.8% | 111개 | 6.7% |
| 평균 오차율 | 6.1% | | 5.9% | |

4. 결론

남성 불임의 대표적 진단 방법인 정액 농도 측정 은 대부분 의사의 육안 검사인 수작업에 의존하고 있거나, 대형 병원에서 매우 고가인 정액 분석 전용기기인 CASA를 이용하여 제한적으로 이용되고 있다.

이에 따라 본 연구는 불임 진단을 보조할 수 있는 정액 농도 측정 컴퓨터 비전 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템은 병원이 이미 보유하고 있는 개인용 컴퓨터와 광학 현미경에 범용 CCD 카메라와 영상입력보드를 장착시키고, 윈도우즈 환경에서 동작하는 컴퓨터 비전 시스템을 개발하여 탑재하였다. 윈도우즈 환경을 이용하므로 일반 컴퓨터 주변기기와 호환이 용이하고 사용이 쉬운 뿐만 아니라 매우 저가로 시스템을 구축할 수 있었다.

범용 장비의 사용을 위해 VidCap 라이브러리를 이용해 영상취득 모듈을 구성하였으며, 호환과 확장을 위해 영상 취득부터 영상 인식까지 필요한 제반 프로그램을 컴퓨터 비전 라이브러리의 형태로 설계 및 구축하였다. 이러한 비전 라이브러리의 일부 기능을 이용하여 정액 농도의 수치화된 정보를 제공하는 시스템을 구축하였다.

개발된 시스템을 자문 병원에 설치하여 샘플

정액 영상을 취득하여 분석한 결과 적절한 오차 범위 내의 정자 농도 측정이 가능했다. 현재 개발된 시스템의 성능 향상을 위하여 전문 의료진과 교류하고 있으며, 크기 정보만에 의존한 정자 영상의 판별을 보완하고 있다. 또한 특징 추출과 인식이 포함된 비전 라이브러리를 이용하여 정자의 활동도, 경로 추적, 형태 이상 유무 등의 검사 기능을 본 시스템에 추가할 예정이다.

【참고문헌】

- [1] 최형일 저, 컴퓨터 비전 입문, 홍릉과학출판사, 1991.
- [2] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, Addison-Wesley, Digital Image Processing, 1993.
- [3] 천인국, 윤영택 편저, 기초편 영상처리, 기한재, 1998.
- [4] 류범중, "EXTENDED GRADIENT MODEL 부하 균등 기법", '88 가을 정보과학회 학술 발표 논문집 Vol.15 No.2, pp.347-350, 1988.10.
- [5] 김형재, 이도엽, 배익성, 이철희, 차의영, "Adaptive Multi-threshold를 이용한 자동차 번호판 영역의 이진화", 한국 멀티미디어학회 춘계학술발표 논문집, pp.143-147, 1998.
- [6] E. R. Davies Machine Vision Group, "A Remanent Noise Problem with the Median Filter", 11th IAPR International Conference on Pattern Recognition volume III, pp.505-508, Netherlands, August 1992.8.
- [7] L. Lam, S. Lee, "Thinning Methodologies - A Comprehensive Survey," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.14, No.9, pp. 869-885, Sep. 1992.
- [8] D. E. Rumelhart, J. L. McClelland and the PDP Research Group, Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition, Vol.1, M.I.T. Press, 1986.
- [9] T. Y. Zhang and C. Y. Suen, "A Fast Algorithm for Thinning Digital Pattern," Comm. ACM. Vol.25, No.3, pp. 236-239, 1984.