

의료영상 정보표현 및 분석을 위한 컴포넌트웨어 개발

정철진^{0*}, 강영민^{**}, 정태락^{*}, 조환규^{*}

^{*}부산대학교 컴퓨터공학과, ^{**}한국전자통신연구원, ⁰DXM Co. Ltd
{cjiang⁰, adagio}@pearl.cs.pusan.ac.kr^{*}, ymkang@etri.re.kr^{**}, taerok@dxm.co.kr^{*}

Implementation of Component Ware for Medical Image Annotation and Analysis

Chul-Jin Jang⁰, Young-Min Kang, Tae-Rok Jung and Hwan-Gue Cho
Dept. of Computer Engineering, Pusan National University, ETRI, DXM Co. Ltd

요 약

의학적 진단이나 치료를 하는 과정에선 실험이나 촬영을 통한 사진이나 영상이 많이 생성된다. 의학용 이미지들은 각각 생성된 환경에 따른 특성을 가지고 있기 때문에, 효율적으로 이미지를 관리하기 위해서는 이미지의 특징이나 증상과 같은 정보들을 함께 표현해야한다. 본 논문에서는 의료 영상이 나타내는 정보를 표기하고, 카메라로부터 입력받는 영상을 출력 및 분석할 수 있는 컴포넌트웨어에 대해서 살펴본다. 본 논문에서 개발한 컴포넌트웨어는 다른 프로그램에서도 쉽게 영상관련 처리를 할 수 있도록 COM 기반의 ActiveX 컨트롤로 개발하였으며, 이미지의 주석기능과 더불어 각각의 이미지나 카메라로부터 입력받는 동영상의 색 공간 변환 및 왜곡보정 등의 기능을 가지고 있어, 보다 정교한 작업을 요하는 의료 영상처리 프로그램에 손쉽게 추가하여 사용할 수 있다.

1. 서 론

의료 이미지는 진단이나 분석하는 매 순간마다 발생하며 그 종류 또한 매우 다양하다. 요즘 각광받는 마이크로어레이 이미지부터 MRI나 X-ray 사진 등 수많은 데이터가 존재하며, 이러한 이미지만으로는 분석 당시 나타내고자 했던 의미나 특징 등을 제대로 관리하기 어려운 점이 많다. 따라서 적절한 정보를 이미지와 함께 저장하는 것이 분석 및 관리에도 도움을 준다. 더군다나 최근에는 기술의 발달과 함께 대량으로 이미지가 쏟아져 나오고 있어, 마이크로어레이 이미지 같은 경우에는 이들을 관리만을 따로 담당하는 LIMS와 같은 프로그램이 사용되기도 한다.

모든 의료 이미지들은 생성된 환경 정보나 분석내용 등을 나타낼 필요가 있다. 각 이미지가 촬영된 날짜 내지는 사진의 대상이 누구인지, 또는 어떠한 조건에서 생성되었는지의 정보들이 나타나 있어야 한다. 이러한 정보들을 본 컴포넌트웨어에서는 메타파일 형태로 저장함으로써 각 이미지와 연관된 정보들을 쉽게 보여주며 저장할 수 있다. 또한 하나의 이미지뿐만 아니라 여러개의 이미지가 시간 경과 내지 다른 실험 조건에 따라 생성된 경우 이들간의 변화과정이나 발견된 특이점 등을 기록하는 것은 진단 및 관리에 도움이 될 수 있다. 뿐만 아니라 정교하게 생성된 2D 이미지의 경우, 각 사용자가 선택한 영역이 나타내는 실제크기가 어디 정도인지를 쉽게 알 수 있게 사용자가 입력한 측정 단위에 따른 실제 크기를 나타낼 수 있게 하였다.

이미 알고 있는 정보를 표현하는 것 이외에도, 생성된 이미지로부터 원하는 정보를 추출해내기 위해서는 이를 처리하는 과정이 필요하다. MRI나 X-ray 촬영의 경우 우리가 알고자 하는 부분을 강조하기 위해서 색 공간을 변환시키는 경우가 많다. 예를 들면 정상조직과 암조직의 색상을 구분하거나, 열에 따른 색상 표시를 달리하는 것과 같은 이치이다. 또한 내시경 촬영 및 근접 카메라 촬영의 경우 렌즈에 의한 이미지 왜곡 현상이 심하게 나타나기도 하는데, 이 같은 이미지 보정작업을 개별 이미지 및 다이렉트쇼(DirectShowTM) 필터를 이용하여 카메라를 통해 들어오는 동영상에도 실시간으로 적용 가능하게 구현하였다.

대부분의 소프트웨어의 경우, 구현하고자 하는 목적에 없어서는 안될 필수 기능이라도, 기본적으로 지원되지 않는 경우가 많다. 또는 다른 프로그램에서 흔히 볼 수 있는 방법이라 할지라도, 자신의 프로그램에서 지원하기 위해서는 이와 관련된 구현을 모두 다시 만들어야 하는 것이 현재 소프트웨어 개발 환경이다. 이는 시간적, 비용적 측면에서도 큰 낭비이다. 이 같은 점을 보완하기 위해서 LEAD Technologies나 Component Source와 같은 업체에서는 중요 기능들을 컴포넌트 형식으로 만들어 배포하고 있으며, Photoshop과 같은 유명제품을 비롯 많은 프로그램에서 이들 컴포넌트를 활용하고 있다. 본 논문에서 소개하고자 하는 소프트웨어도 ActiveX 컨트롤 형태로 제작하여 다른 프로그램에서 쉽게 추가하여 사용할 수 있도록 하였다.

2. 컴포넌트의 구성 및 정보표현 기능

2.1 컨트롤의 동작 방식

본 컴포넌트웨어는 ActiveX 컨트롤 형태로 제작되었다. 따라서 본 컨트롤을 추가하여 사용하는 컨테이너에 IDispatch 인터페이스를 이용하여, 이벤트 및 프로퍼티를 제공하며, 컨테이너가 원하는 동작은 IDispatch를 통하여 wrapper 클래스의 메소드 형태로 호출 가능하다[3].

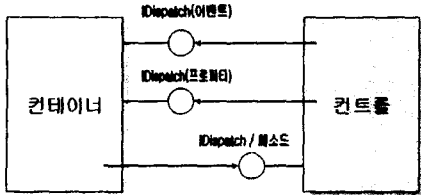


그림 1. ActiveX 컨트롤의 동작 방식

2.2 정보표현 기능

이미지 정보 표현을 위해서 우선 다양한 이미지 파일 형식을 지원해야 한다. 본 소프트웨어는 freeimage library와 GDI+를 이용하여 bmp, jpg, gif, tif, png 등의 이미지 파일 형식을 지원하며, emf나 wmf와 같은 메타파일을 읽어들일 수 있다.

그림 2에서 보는 바와 같이 본 컴포넌트웨어는 여러장의 이미지를 받아들여 정보를 표현하는 것이 가능하다. 각 이미지마다 어떤 정보를 나타내고 있는 것인지 간략히 메모할 수 있으며, 사용자로부터 입력받은 단위 길이를 사용하여, 마우스로 입력받은 점들을 통해, 이미지 상에서 실제 대상이 나타내고 있는 크기가 얼마인지를 표현해 줄 수 있다. 이때 거리 측정 방법으로는 inch, cm, pixel, point, twip 등의 단위를 서로 변환해가며 쓸 수 있다.

한편 서로 다른 언어 환경에서도 동작 가능하도록 유니코드도 지원하여, 사용자가 어떤 언어를 쓰든지 상관없이 문자를 표현하는데 있어 문제가 없도록 하였다.

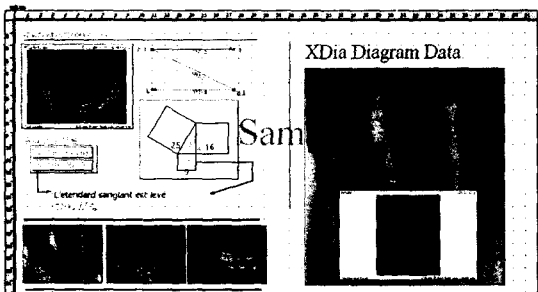


그림 2. 여러 이미지 데이터에 정보를 표현한 예제

출력파일은 일종의 메타파일 형식이며, 그림2에서 보듯이 각종 이미지와 관련된 표현을 유니코드로 저장하며, 사용자가 원하는 화면의 일부분을 다양한 이미지 파일 형식으로 변환 및 저장이 가능하도록 하였다.

3. 동영상 및 이미지 처리

3.1 동영상 입력지원

본 컴포넌트웨어는 DirectShow를 이용하여 컨트롤 상에서 현재 컴퓨터에 연결된 비디오 입력 장비를 파악하여 별도의 작업 없이도 동영상 입력을 가능토록 하였다. 일반적으로 카메라 입력기능을 구현하기 위해서는 VFW(video for window)나 DirectShow에 관련된 기술적인 부분에 대한 지식을 갖추고 있어야 하며, 다소 복잡한 코드를 상당부분 구현해야 한다는 단점이 있었다. 하지만 본 ActiveX 컨트롤 상에서는 사각형 객체를 추가하는 것만으로도 이를 사용하는 사용자가 쉽게 자신의 프로그램 상에서 비디오 입력을 구현할 수 있게 하여, 편의성을 높였다.

3.2 이미지 영상처리 필터의 구현

비디오 캡처를 통한 실시간 이미지 처리에는 DirectShow 필터 기술을 이용하였다. DirectShow에서는 비디오 입력 장치인 카메라에서부터 비디오 렌더러, 코더/디코더 등을 모두 필터 단위로 인식하며, 이들 필터가 모여서 하나의 필터 그래프를 구성하게 된다. 여기서 입력 필터 다음에 이미지 처리를 담당하는 변환필터를 제작하여 끼워 넣으면 실시간으로 이미지 처리된 영상을 출력하는 것이 가능해진다.

DirectShow 변환필터를 제작하기 위해서는 다소 복잡한 설정과정을 거쳐야 하지만, 본 프로그램에 사용된 변환 필터 제작에 있어서는 DirectShow의 필터 입출력 인터페이스 설정에 따른 기술적인 구현을 간편히 하고 실제 이미지 변환 부분에 집중할 수 있도록 필터 제작 툴인 MontiVision SDK[4]를 사용하였다.

본 컴포넌트웨어에 사용된 변환필터로는 색공간 맵핑 필터, 히스토그램 필터, 왜곡 보정 필터 등이 있으며 이중 왜곡 보정 필터에 대해서 살펴 본다. 카메라의 왜곡에는 크게 barrel 왜곡과 pinchusion 왜곡 두가지가 있다[2]. 일반적으로 사용되는 내시경 카메라나 CCD 및 근접촬영을 위한 카메라에 해당하는 것은 barrel 왜곡으로 영상의 중앙을 중심으로해서 사방으로 퍼져 보인다. 일반적인 선형 카메라 모델은 다음과 같이 표현 가능하다[2, 5].

$$\begin{bmatrix} u_i \\ v_i \\ 1 \end{bmatrix} \cong K[R | -Rt] \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix}$$

여기서 $u_i = [u_i, v_i]^T$ 는 이미지의 좌표이며 좌표 $X = [X Y Z]^T$ 를 통해서 투영된다. K는 교정 행렬이며, R과 t는 회전 행렬과 변환 벡터이다. 이 카메라 모델에서는 왜곡 때문에 u_i 을 바로 알 수 없다.

따라서 왜곡 카메라 모델을 다음과 같이 변환하여 나타낼 수 있다[5].

$$u = d(u_i, p)$$

이때 u_i 은 왜곡되지 않은 이미지의 좌표이며, $u = [u, v]^T$ 는 왜곡된 이미지의 좌표이다. d 는 왜곡함수이며 p 는 왜곡 인자의 벡터값이다. 이는 다음과 같이 표현 가능하다.

$$\frac{r}{r_i} = \frac{\|u - u_0\|}{\|u_i - u_0\|} = \frac{u - u_0}{u_i - u_0} = \frac{v - v_0}{v_i - v_0} = D(r_i, k)$$

점 $u_0 = [u_0 \ v_0]^T$ 는 이미지의 중심이고, $k = [k_1 \ k_2 \ \dots \ k_n]$ 는 왜곡 계수이며,

$r_i = \|u_i - u_0\| = [(u_i - u_0)^2 + (v_i - v_0)^2]^{1/2}$ 은 u_i 의 반경이자, u_i 로부터 u_0 까지의 거리이다.

이 모델에 기반하여 다이렉트쇼 필터를 통해 매 순간 입력핀으로부터 들어오는 각각의 bitmap 형식 이미지에서 왜곡을 교정하여 출력핀으로 교정된 이미지를 내보내도록 하였다.

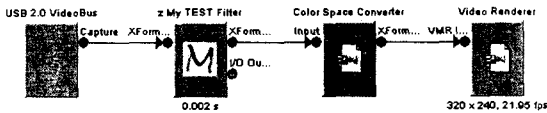


그림 3. 왜곡교정 필터를 적용한 다이렉트쇼 필터 그래프

왜곡교정 필터를 사용하여 DXM Co.Ltd의 'Intraoral Camera HAWK'를 통해 입력 동영상을 렌더링한 결과는 아래 그림 4와 같다.

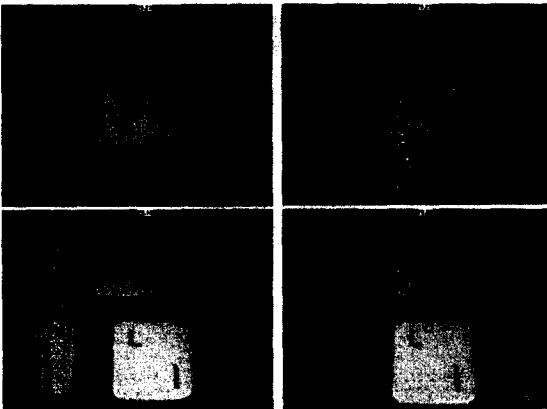


그림 4. 왜곡교정 필터를 적용한 카메라 영상 처리 예 (좌: 미적용, 우: 적용)

그림의 위쪽은 일반 A4 용지에 인쇄된 텍스트를 시한한 결과이며, 아래쪽은 키보드 자판을 근접 촬영한 것이다. 카메라 렌즈로 인한 왜곡으로 인해 이미지의 중심을 기점으로 퍼져 보이던 이미지가 평평하게 교정됨을 알 수 있다. 이 같은 실시간 이미지 교정작업은 상당한 계산량을 요구하며, 성능이 비교적 떨어지는 컴퓨터에 있어서는 초당 30프레임을 제대로 계산해 내지 못하는 경우가 발생하였다. 따라서 이 같은 문제점을 해결하기 위해 픽셀 근사법을 이용하였다. 왜곡된 이미지 데이터에서 픽셀간의 간격을 d 라고 놓고, 이미지처리를 함에 있어, 전체 이미지를 보지 않고 d 간격으로 샘플링하여 이미지를 펴고, 나머지영역은 보간하여 교정된 이미지를 생성하였다.

표 1에서는 근사법을 적용했을 때의 컴퓨터 환경에 따른 프레임수를 나타내고 있다. 실험에는 P4 2.4프로세서와 2.8 프로세서, 컴파일러로는 MS의 VC6과 Intel C 컴파일러 7을 사용하였다. 교정 필터를 적용한 경우, 근사법을 사용하지 않고 모든 픽셀을 계산할 때에는 실제 초당 29프레임 가까이 입력되는 비트맵 이미지를 제대로

처리하지 못하고 있음을 알 수 있다. 반면 근사법을 사용한 경우 이미지의 질은 크게 떨어지지 않지만 성능은 크게 개선됨을 알 수 있다. 또한 필터의 성능은 Pentium 4 프로세서에 최적화된 컴파일러의 사용여부에 따라서도 상당히 큰 차이를 보여준다.

표 1. 근사법 적용에 따른 프레임 성능 비교

교정필터/ 프레임수	미적용	적용($d = 1$)	$d = 2$	$d = 4$
P4 2.4, VC 6	29	13	25	29
Intel C 7	29	22	29	29
P4 2.8, VC 6	29	15	29	29
Intel C 7	29	29	29	29

이 밖에도 Montivision SDK를 이용하여 색 변환 필터나 히스토그램 필터를 제작할 수 있었다.

4. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 의료 이미지 정보 표현 및 이미지 처리가 가능한 컴포넌트웨어 개발에 대해서 살펴보았다. 대량으로 생성되는 의료 이미지에 대한 정보를 유용하게 표현 및 관리하고 기본적인 정보를 추출하는 기능은 의료 영상 분석 프로그램에 유용하게 사용될 수 있는 기능이며, 앞으로 다양한 형태의 X-ray 영상이나 기타 이미지 처리 프로그램에서 쉽게 사용할 수 있도록 컴포넌트 형태로 제작하였다. 향후 연구로는 일반적으로 많이 사용되고 있는 범용 메타파일인 emf나 wmf 형식으로 변환할 수 있는 기능 구현을 고려하고 있다. 또한 사용자가 자신의 환경에 맞게 설정할 수 있는 입력 인자의 지원 및, 서로 다른 형태의 의료 이미지 분야에 맞게 적용할 수 있도록, 보다 많은 종류의 이미지 처리 필터를 다룰 예정이다.

참고문헌

- [1] Harpreet S. Sawhney and Rakes Kumar, "True Multi-Image Alignment and Its Application to Mosaicing and Lens Distortion Correction", *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence (PAMI)*, vol. 21, no. 3, March 1999
- [2] Janez Pers, Stanislav Kovacic, "Nonparametric, Model-Based Radial Lens Distortion Correction Using Tilted Camera Assumption." In H. Wildenauer and W. Kropatsch (Eds.), *Proceedings of the Computer Vision Winter Workshop 2002*, Bad Aussee, Austria, February 4-7, 2002, pp. 286-295.
- [3] John P. Mueller, "ActiveX from the Ground Up", Osborne McGraw-Hill, 1997
- [4] Montivision http://www.montivision.com/.
- [5] Pajdla, T., Werner, T. and Hlavac, V., "Correcting Radial Lens Distortion without Knowledge of 3-D Structure" *Technical report TR97-138*, FEL CVUT, Karlovo namest 13, Praha, Czech Republic.