

PET/CT 영상을 이용한 영역 분리 및 영상 퓨전

서안나⁰, 김지인[†]

건국대학교 컴퓨터정보통신공학과⁰

건국대학교 인터넷미디어공학과[†]

(anseo, jnkm)@konkuk.ac.kr

Segmentation and Image Fusion using PET/CT Images

An-na Seo⁰, Jee-In Kim[†]

Dept. of Computer Science & Engineering, Konkuk University⁰

Dept of Internet & Multimedia Engineering, Konkuk University[†]

의료기기들 중 기능 영상을 보기 위해 이용되는 PET 장치에서 획득된 결과 영상은 선명하지 않기 때문에, 해부학적 구조와 기능 영상을 동시에 보기 위해서는 선명한 영상을 제공하는 CT 와 PET 장치와 하나로 통합하여 영상을 획득하게 되었다. 그래서 한번의 촬영으로 PET/CT 영상을 얻을 수 있게 된 것이다. 서로 다른 특성을 갖는 이미지를 융합하게 되면 보다 정확한 진단을 내리는데 많은 도움을 준다. 본 논문은 CT 영상에서 폐 영역을 반 자동(Semi-Auto)으로 분리한 후 PET 영상에 자동으로 융합하는 방법을 제안한다. 반 자동 폐 영역 분할을 위해 1 차원 신호 처리 기법과 Seeded Region Growing 기법을 사용한다. 수행된 폐 분리 결과는 몸의 해부학적 구조를 보기 위해 사용되는 CT 영상에서 추출한 폐 영역을 기능을 보기 위한 PET 영상에 퓨전 함으로서 진단 전문가가 보다 정확한 진단을 하는데 도움이 될 것이다. 또한 이러한 기능을 쉽게 구현하고 사용할 수 있도록 시각 프로그래밍 기법을 접목하였다.

1. 서론

의료기기에서 획득된 영상으로 사람 몸의 구조 및 기능을 비 침습적으로 밝히려는 연구가 많이 시도되었으며 상당한 지식이 축적 되었다. 오늘날 몸의 영상을 획득하는 여러 기기들이 있다. 이러한 촬영기기들은 크게 X-선 전산화단층촬영(computed tomography, CT), 자기공명영상(magnetic resonance imaging, MRI)같은 몸의 구조를 보기 위한 기기와 단일광자방출전산화단층촬영(single photon emission computed tomography, SPECT), 양전자방출단층촬영기(positron emission tomography, PET) 같은 기능을 보기 위한 기기로 구분할 수 있다. 이러한 여러 기기들 중 기능영상을 보기 위해 이용되는 PET 장치는 획득된 결과영상이 선명하지 않기 때문에 구조를 보기 위해 이용되는 CT 장치와 PET 장치와 하나로 통합 되어지게 되었다.

한번의 촬영으로 PET/CT 영상을 얻을 수 있게 된 것이다. 이러한 특성을 이용하여 서로 다른 영상 형태 퓨전을 위해 본 논문에서는 CT 영상에서 폐 영역을 반 자동(Semi-Auto)으로 분리한 후 PET 영상에 자동 퓨전하는 방법을 제안하였다. 반 자동 폐 영역 분할을 위해 1 차원 신호 처리 기법과 Seeded Region Growing 기법을 사용하였다. 이러한 일련의 과정은 시각 프로그래밍 환경에서 수행된다. 시각 프로그래밍 환경은 프로그램 지식이 없는 특정 분야 기술력을 가지고 있는 전문가가 편리하게 사용할 수 있는 프로그래밍 환경이다. 시각화 프로그래밍의 구성요소인 시각 도구와 시각 언어를 이용하여 기존의 문자열 중심의 컴퓨터 프로그래밍 방법과는 달리 그래픽이미지로 시각화된 함수를 조작하고 함수의 값이나 매개 변수 등을 부여하여 시각적인 결과를 표현하는 프로그래

밍을 할 수 있다. 시각화 프로그래밍 환경을 구현하는 기술로는 칠판이나 종이에 연필로 그림을 그리듯 도표, 그래프, 다이어그램 등을 이용하는 방법, 객체와 행위를 나타내기 위해 아이콘을 이용하는 방법, 보통 사람들이 친숙하게 여기는 테이블을 적용시킨 방법 등을 포함한 시각 프로그래밍 기법이 이용된다.[1] 본 논문에서는 아이콘을 사용한 컴포넌트기반 시각 프로그래밍 환경을 구현하였다. 본 논문에서 제안한 시각 프로그래밍 환경은 컴포넌트 트리과 하이퍼블릭 트리를 표현하는 두 개의 기능 창을 갖는다. 하이퍼블릭 트리 창(Hyperbolic Tree Window)은 생성된 모듈단위 별 컴포넌트를 아이콘화 한 후 특징 별로 분류하였다. 시각 프로그래밍 작업의 편리와 정확성을 위해 각 기능이 내재된 컴포넌트의 타입을 미리 정의하고, 실시간으로 타입을 체크 하도록 하여, 사용자 실수를 최소화 시킬 수 있다. 그러므로, 프로그래밍 전문 지식이 없는 의사들도 쉽게 의료영상 처리 프로그램을 작성할 수 있는 장점이 있다.

2. 관련 연구

의료영상에 이용되는 세그멘테이션 기법들을 소개 하며, 컴포넌트 기존 시각 프로그래밍 환경(Visual Programming Environment: VRE)에 관한 기존 연구 및 상용화 프로그램과 구현 시에 적용되는 여러 개념들에 대하여 살펴본다.

2.1 세그멘테이션

이미지 안에서 개개의 객체나 영역은 비슷한 값의 픽셀로 연결되어 있어서 이미지의 명암을 분할하는데 어려움이 있다. 영상에서 명암에 의한 분할을 하기 위해서 Threshold 방법, boundary-based 방법, region-based 방법, boundary 방법과 region 방법을 혼용하는 하는 hybrid 방법 등을 사용한다.

▪ Threshold

영상 분할에 있어서 가장 중요한 방법 중의 하나이다. 영상내의 대비 값을 Threshold 를 기준으로 구분하는 방법이다. 이러한 방법은 이미지의 공간적인 정보들을 무시하며, 대비가 낮은 경계의 블러현상에 대해서는 분리하지 못하는 경우가 있다.

▪ Boundary-based

픽셀 값들이 두 영역의 경계에서 기울기가 빠르게 변한다는 특성을 이용한다. 기본적인 방법으로 Sobel 또는 Robert 필터 같은 기울기 처리를 사용한 처리방법이 있다. 이 필터 처리과정에서 대비가 높은 값들은 영역들간의 경계를 표시 하는 폐곡선(closed curve)을 구성 하는 에지 후보가 된다. 또한 모서리의 에지 후보 픽셀들을 영역의 경계로 바꾸는 것은 어려운 작업이다.

▪ Region-based

한 영역에서 이웃한 픽셀 값들은 비슷한 값을 가진다는 특성을 가지는 영역에 적용 한다. 알고리즘들 중 “Region Growing” 개념으로 알려진 “split and merge” 기술[2]이 가장 최적의 성능을 보인다고 알려져 있다. 일반적인 동작 순서는 하나의 픽셀의 이웃 픽셀과 비교를 한다. 만약 동일성 측정값(즉 비슷한 픽셀 값을 가지는)이 만족 되면, 해당 픽셀은 이웃 픽셀들과 함께 같은 분류에 속하게 된다. 이러한 개념을 응용하여 하나의 지점에서 영역 확장(Region Growing)을 진행하는 기법이 Seeded Region Growing (SRG)이다. 본 논문에서 적용한 기법이며, 논문 [3]에서 자세한 내용은 볼 수 있다. 동일성 측정을 위한 위치와 측정값의 선택은 정확한 영역 분리를 위하여 매우 중요하며, 모든 결과들은 노이즈값에 영향을 받을 수 있다.[3]

▪ Hybrid

Boundary 방식과 Region 방식을 혼합한 hybrid techniques 이다. 이 방법은 형태적으로 분수형태의 분할과 가변 정렬의 표면 적합성을 포함 하고 있다. 분수형태(watershed) 분할 방법은 일반적으로 이미지의 그라디언트에 적용 된다. 그라디언트 이미지는 경계와 영역간에 등고선의 형태의 지형도로 보여질 수 있다. 분할은 시작점으로부터 다른 시작점에 이르는 영역 경계의 형태로 물 흐르듯이 지형도의 모양과 동일하게 이루어 진다. (등고선 형태를 따라 물 흐르듯 분할이 이루어진다.) Boundary-based 방식과는 다르게, watershed 방식은 설령 여러 영역들 간에 여러 부분 연결되고 약하게 연결되어 있더라도 닫힌 영역을 생성한다. 그

러나 영상 내 영역들에 노이즈가 있거나, 블러 처리가 되어 있는 경우, 경계를 구분 하기 힘든 경우에 분리해내지 못하는 문제가 발생 한다.

본 논문에서는 Region-based 방법을 기본으로 한 지점(Seed Point)에서의 픽셀 값과 동일성을 위한 선택 값을 이용한 Seeded Region Growing (SRG) 방법을 적용하여 분리 작업을 수행하였다.

2.2 시각화 프로그래밍

1963 년 I.E. Sutherland 가 제작한 Sketchpad[4]를 시작으로 1975 년 D.C.Smith 의 Pygmalion[5]을 거쳐 오늘날 많은 연구가 진행되고 있다. 시각화 프로그래밍을 두 개의 구성으로 이루어진다. 첫 번째는 시각 도구이다. 시각 도구는 자료 정보, 프로그램과 실행 상황, 소프트웨어와 설계 방법과 같은 주로 서로 다른 각 개체 클래스들의 구조, 컴퓨터 내부의 표현과 실행, 소프트웨어 컴포넌트 등의 시각화 즉 “보여주는 것”에 중점을 둔다. 구성요소 두 번째는 시각 언어이다. 시각 언어는 시각 정보를 처리하고, 시각적 대화를 지원하며, 시각적 표현으로 프로그래밍 등의 “명령이나 지시” 즉 “말하는 것”을 이용하여 컴퓨터가 하여야 할 일의 지시를 시각적으로 표현한다.[4] 성공한 시각화 프로그래밍 환경을 지원하는 도구로는 ParcPlace System 의 “Smalltalk”, National Instrument 의 “LabView”, Cypress Research 의 “PhonePRO”, Advanced Visual Systems 의 AVS 등이 있다. 그 이외에 Xerox PARK 에서 R.Smith 가 디자인한 Smalltalk 위에서 동작되는 Alternate Reality Kit(ARK)이 있다.[6]

LabVIEW(Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench)는 National Instruments 사에서 제작한 도구로 공학, 과학용 어플리케이션을 만들기 위해 이용되고 있는 프로그램이다. 프로그래밍을 위해 문자화된 언어를 사용하기보다 문법적인 사항들을 없애고 그림 기호를 이용하여 프로그래밍 경험이 없는 사람이라도 데이터 시각화, 사용자 인터페이스 설계, 데이터 관리 및 데이터 관찰 등의 개발에 이용된다.

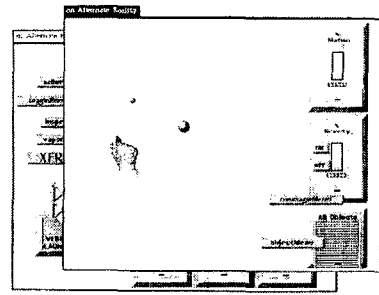


그림 1. ARK에서 행성 과도 시뮬레이션 장면

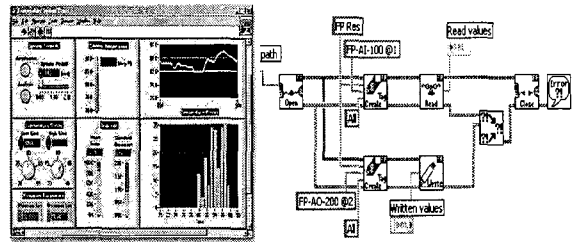


그림 2. LabVIEW 실행 화면

AVS(Advanced Visual Systems)는 객체 지향 시각 컴포넌트(Object Oriented Visual Component) 개념을 이용한 과학데이터 시각화 도구이다.

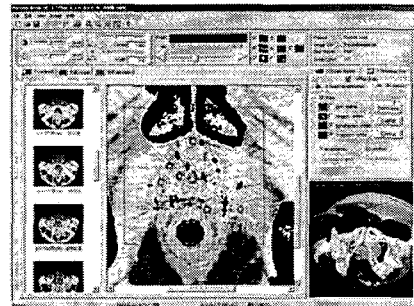


그림 3. AVS 실행 화면

이 도구는 시각 프로그래밍 환경을 이용하여 3차원 시각화(Visualization), 의료영상, 인공위성, 컴퓨터 시뮬레이션 분야 등 큰 규모의 데이터를 시각화 하는데 많이 사용된다[7]. AVS의 시각화 작업환경은 거의 모든 과학기술 데이터 처리를 할 수 있도록 되어 있는데, 전통적인 문자 명령어 방식의 프로그래밍이 아닌, 아이콘 조작과 그래프 작성을 통한 시각 프로그래밍 방식으로 수행해 낼 수 있도록 개발된 소프트웨어이다

2.3 Focus and Context Technique

Focus and Context 기술은 범위가 큰 정보의 계층적인 구조를 표현하고 조작하는데 있어서 이전에 사용되던 방법보다 좀 더 효율적이다. 이 기술은 커다란 2 차원 이미지를 시각화하기 위한 것으로 많은 양의 정보를 화면에 전부 나타내면서도 어느 특정부분에는 더 많은 영역을 주어 그 부분을 상세하게 표현(Focus)하고 그 외의 부분은 상대적으로 더 작은 영역을 주어서(Context) 크기를 축소하는 기술이다. 하이퍼블릭트리(Hyperbolic Tree)란 이러한 Focus+Context 개념에 바탕을 두고 거대한 계층적인 구조의 데이터를 다루기에 적합한 사용자 인터페이스로 사용자가 수많은 컴포넌트들을 한눈에 볼 수 있도록 해준다.[8,9].

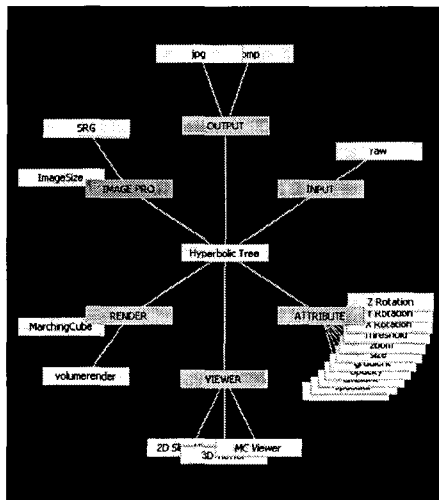


그림 4. 하이퍼블릭트리

3. 폐 영역 분리 및 퓨전

CT 영상에서 폐 영역을 반 자동(Semi-Auto)으로 분리한 후, CT 영상의 해상도와 PET 영상의 해상도를 표준화하여 퓨전 한다. 반 자동 폐 영역 분리를 위해 1 차원 신호 처리 기법과 Seeded Region Growing 기법을 적용하여 [그림 5]와 같은 수행과정을 거쳐 폐 영역을 분리한다.

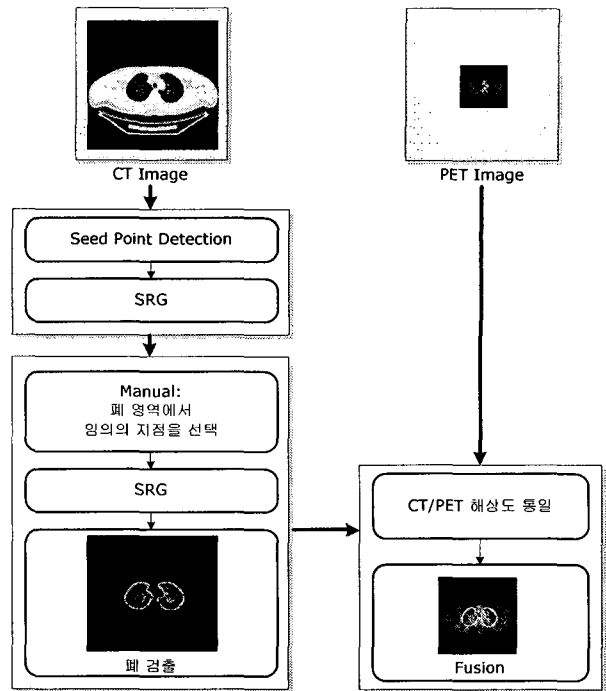


그림 5. 폐 영역 분리를 위한 다이어그램

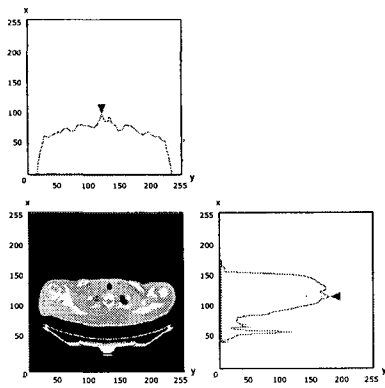
3.1 연구에 적용된 환자 영상

	CT	PET
Resolution	512 X 512	128 X 128
Total Slices	54	54
Voxel Size	0.98 * 0.98 * 5 (mm)	3.91*3.91 * 4.25 (mm)

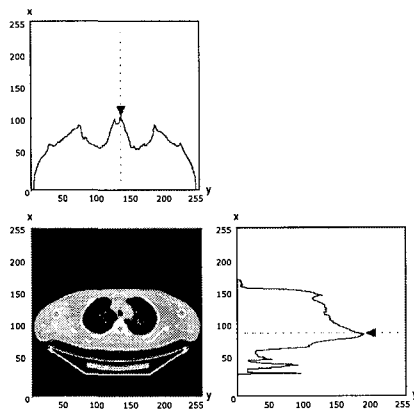
3.2 Seed Point 검출

의료영상에서 배경을 제외한 의미있는 몸체 부분만을 분리하기 위하여 Seed Region Growing 기법을 이용한다. 이를 위해서는 영역확장의 시작 지점인 Seed Point가 필요하다. Seed Point를 찾기 위해 [수식 1]과 같이 X 축, Y 축 1 차원 신호 처리를 수행한다. 각 방향에서 추출된 좌표를 Seed Point(시작점)로 설정한다. [그림 6]은 각 영상에 대한 단 방향에 처리 결과를 그래프로 표현한 것이다.

$$(x', y') = (\max_y \{ \sum_y f(y) \}, \max_x \{ \sum_x f(x) \}) \quad \text{[수식 1]}$$



CT058



CT070

그림 6. 1차원 신호 처리

3.3 Body와 Non-Body 분리

의료 영상에서 배경을 제외한 의미 있는 영역인 몸체 부분만 추출하기 위해 1차원 신호 처리과정을 거쳐 Seed Point를 찾아낸다. 이 지점을 기준으로 SRG(Seeded Region Growing)을 수행한다. [그림 8]의 (b)는 의미있는 몸체부분만을 분리한 결과 영상이다.

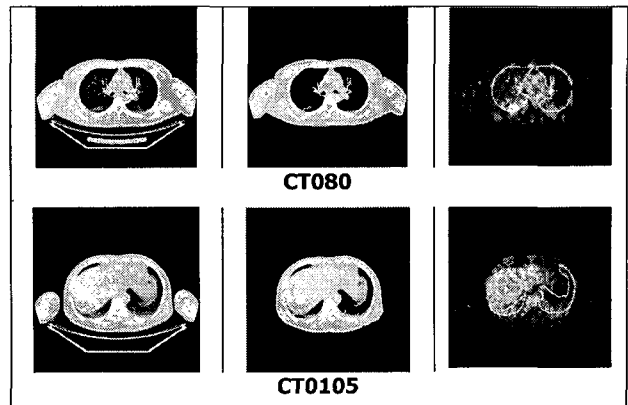
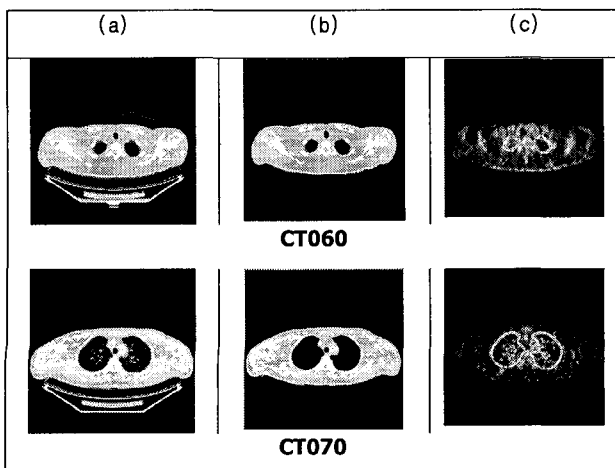
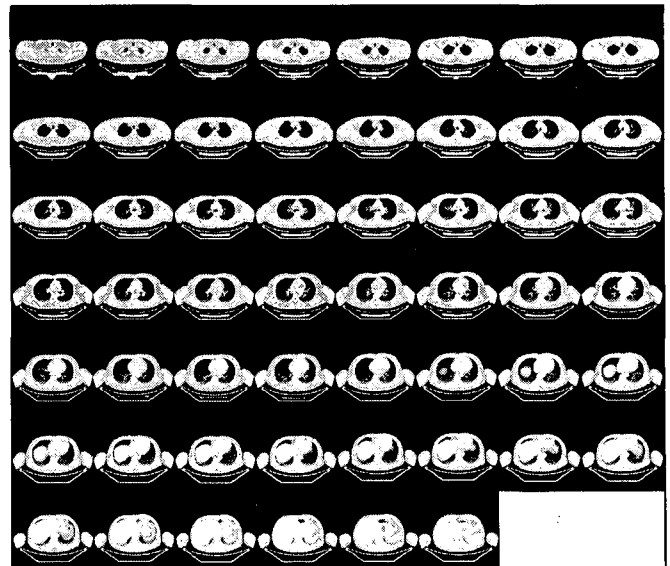


그림 7. (a) Original Image

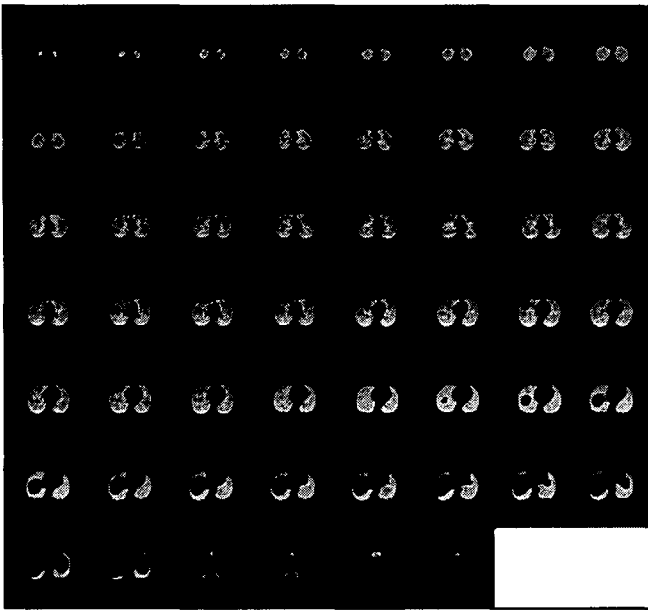
(b) 의미있는 몸체부분 분리한 결과,
(c) 퓨전 영상

3.4 폐 영역 분리

배경을 제거한 후 [그림 7]과 같은 결과가 얻어진다. 이러한 결과 영상에 사용자 참여에 의한 폐 영역 내 임의의 점을 입력 받는다. 입력 받은 Seed Point를 시작으로 Region Growing 하는 SRG 방법을 수행하여 폐 부분을 검출한다. [그림 8]은 일련의 수행에 의해 얻어진 모든 폐 영역 분리한 결과 영상이다.



(a)



(b)

그림 8. (a) 전체 CT 영상, (b) 폐 영역 분리 영상

3.5 영상 퓨전 결과

폐 영역을 분리한 후 CT 영상(512 X 512)과 PET(128 X 128)영상의 해상도를 “256 X 256” 해상도로 변환한 후 서로 다른 형태의 영상을 퓨전 한다. [그림 7]의 (c)는 모든 처리 과정을 통해 얻어진 퓨전 영상을 보여준다.

4. 시각화 프로그래밍 환경

본 시각 프로그래밍 환경은 프로그램 지식이 없는 전문가가 과학적인 데이터를 편리하게 사용할 수 있는 컴포넌트 기반 시각 프로그래밍(Component-based Visual programming) 환경으로 데이터의 흐름(Dataflow programming)을 그림으로 표현한 구조이다. 하이퍼블릭 트리 창(Hyperbolic Tree Window)은 생성된 모듈단위 별 컴포넌트를 아이콘화 한 후 특징 별로 분류하였다. 그러므로, 프로그래밍 전문 지식이 없는 의사나 기술자도 쉽게 의료영상 처리 프로그램을 작성할 수 있는 장점이 있다.

4.1 모듈 및 컴포넌트

프로그램의 구조는 컴포넌트 트리와 하이퍼블릭 트리를 표현하는 두 개의 기능 창을 갖는다. 컴포넌트 트리창(Component Tree Window)은 여섯 개의 모듈로 구성된다. 첫째 이미지를 입력 받는 둘째

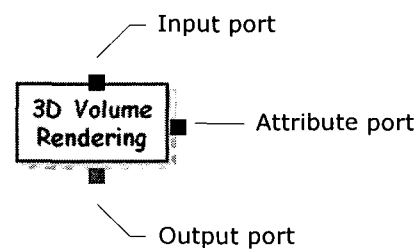
3차원으로 출력된 영상을 저장하는 모듈, 셋째 폐 영역 추출을 위한 영상처리 관련 모듈, 넷째 3차원 이미지 렌더링 관련된 모듈, 다섯째 2차원 이미지와 3차원 이미지 시각화에 관련된 모듈, 여섯째 3차원 볼륨데이터 조작에 관련된 모듈이다. 사용자는 하이퍼블릭 트리에서 사용할 컴포넌트를 선택하면 편집 창에 컴포넌트의 아이콘 모양이 나타난다. [그림 9]는 모듈 별 컴포넌트 구성 및 아이콘 표현을 보여준다..

입/출력 노드	
입력 노드	Raw
출력 노드	Output
폐 영역 분리를 위한 영상처리	
Seeded Region Growing	2D Viewer
Image Size (해상도) 변환	Image Size
사용자 인터페이스 노드	
2D 슬라이스뷰어	2D Viewer
볼륨기반 3D 뷰어	3D Viewer
가시화 노드	
3D Volume Rendering	3D Volume Rendering
Shear-Warp 알고리즘을 이용한 볼륨렌더링	
속성 노드	
확대/축소	Zoom In/Out
회전	X Rotation Y Rotation
불투명도	Opacity
Ambient 노드	Ambient
Diffuse 노드	Diffuse
Specular 노드	Specular

그림 9. 시각 프로그래밍 구성 요소

4.2 타입 정의

각 컴포넌트 사이의 데이터 흐름은 컴포넌트 아이콘 안에 표현된 포트의 색상을 통해서 구별되고 선으로 연결하면 된다.



(a)

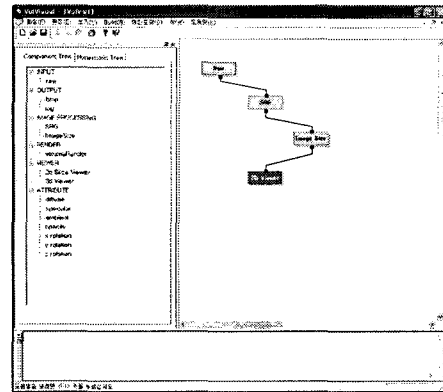
- Black : Three Dimension(3D) Array
- Blue : Real
- Red : Two Dimension(2D) Array

(b)

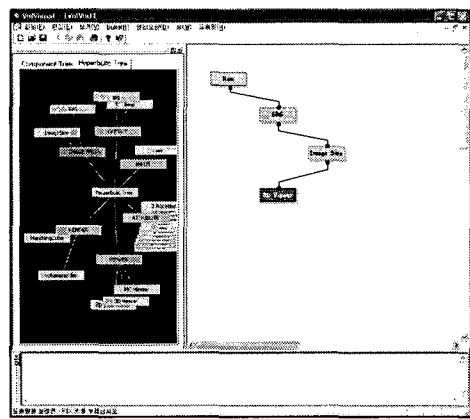
그림 10. (a) 위치에 따른 Type port 기능
(b) 색상에 따른 Type port 기능

4.3 오류 체크

시각 프로그래밍 작업의 편리와 정확성을 위해 사용자가 프로그래밍 하는 과정에 그릇된 컴포넌트들간의 잘못된 연결에 의한 오류를 방지하기 위하여 [그림 10]의 (b)에 정의한 각 기능이 내재된 컴포넌트의 타입을 색상별로 미리 정의하고, 프로그램을 설계하는 동안 실시간으로 타입을 체크하도록 하였다. 이러한 방법은 사용자의 실수를 최소화 시켜 주므로, 프로그래밍을 정확하고 편리하게 할 수 있다. [그림 11]은 타입이 맞지 않아 예러일 경우의 모습을 표현하였다.



(a) Component Window



(b) Hyperbolic Window

그림 12. 시각 프로그래밍 도구

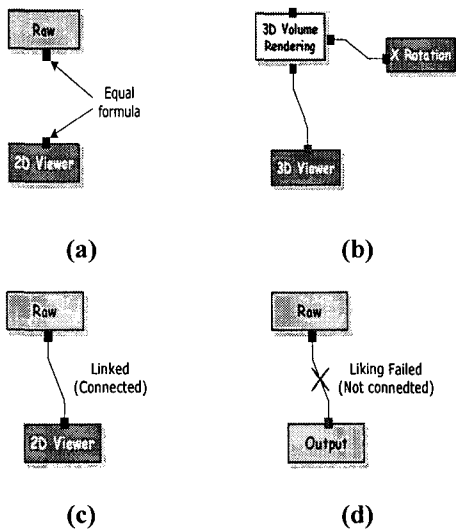


그림 11. (a) 동일 Type Port 형식
(b) 동일 Type Port 형식 연결된 경우
(c) 정상적인 연결
(d) 비정상적인 연결

4.4 시각화 프로그래밍 응용 샘플

아래는 시각 프로그래밍 환경에서 폐 영역 추출을 수행한 화면이다.

5. 결론 및 향후 과제

PET 영상은 몸 속의 조직들의 기능과 생화학적 대사상태를 검사하는 기능적인 영상이지만 해부학적 영상에 비해 영상이 매우 흐리므로 분해능력이 떨어지는 단점을 갖고 있어 폐의 윤곽을 정확하게 볼 수 없다. 이러한 단점을 극복하기 위해 한번의 촬영으로 얻은 PET/CT 결과 영상을 이용하여 구조를 명확하게 볼 수 있는 CT 영상에서 전체 폐 영역을 추출하였다. 또한 시각 프로그래밍 환경에서 작업을 수행하여 프로그램 경험이 없는 사람에게도 쉽게 사용할 수 있도록 하였다. 1차원 신호처리와 SRG(Seed Region Growing) 개념을 이용하여 정확한 폐 영역을 분리해 내었다. 이러한 모든 과정이 사용자의 개입 없이 자동으로 이루어진다면 더욱 편리할 것이다. 향후, 각 의료 영상에서 배경을 제거한 몸체 내에서 폐 영역을 분리하기 위하여 폐 영역내의 임의의 지점을 수동 이 아닌 자동으로 찾을 수 있도록 개선해 나갈 것

이다. 또한 검출 결과의 신뢰성을 위하여 여러 사람의 폐 영역 분리 작업을 수행하여 정확성을 실험할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 김상욱, “시각 프로그래밍 기술”, 한국통신학회지 제 11 권 제 5 호, pp.33-45, 1994
- [2] S.L.Horowitz and T. Pavlidis, “Picture Segementation by a directed split-and-merge procedure”, Proc.2nd Int.Joint Conf. Pattern Recognit, pp.424-433, 1974
- [3] Rolf Adams and Leanne Bishof, “Seeded Region Growing”, IEEE Transaction on pattern analysis and machine intelligence, Vol.16, pp.641-647, june 1994
- [4] Sutherland, I. B. SKETCHPAD,” a man-machine graphical communication system” . In Proceedings of the Spring Joint Computer Conference, pp. 329.346, 1963.
- [5] Smith, D. C. “PYGMALION: A Creative Programming Environment” . PhD dissertation, Stanford University, 1975.
- [6] Marat Boshernitsan, Michael Downes, “Visual Programming Languages: A Survey”, Report No. UCB/CSD-04-1368, December 2004
- [7] http://www.av.s.com/index_wf.html
- [8] 김기준,류수연,이장호,김지인, “Hyperbolic Tree 를 이용한 Bookmark 의 시각화”, 정보과학회 '99 봄학술발표논문집 vol.26, no1, pp.422-424, 1999
- [9] 김진호 , 성종원, 김지인 , “의료영상처리를 위한 시각 프로그래밍 환경” 한국정보처리학회 논문지 제 7 권 제 8 호, 08, 2000.
- [10] David Jakobsson and Frendrik Olofsson, “Decision Support System for Lung Cancer using PET/CT Images”, Thesis in Center for Mathematical Sciences , 2004
- [11] Gonzalez and Wood, “ Digital Image Processing Second Edition”, Prentice Hall, 2004