

논문 2012-49SP-1-10

의료 두뇌영상의 익명성

(Anonymity of Medical Brain Images)

이 효 종*, 두 약 유**

(Hyo Jong Lee and Ruoyu Du)

요 약

현재 사용되고 있는 두뇌영상의 제거 방법은 비록 환자의 개인 정보를 보호하고 있으나, 과도한 제거로 정확한 두뇌영상의 무결성을 손실할 수 있다. 원래 두뇌의 영상과 동일한 두뇌 조직을 나타내면서 환자의 신원을 감출 수 있는 새로운 익명화 얼굴모델을 생성시키는 방법을 연구하였다. 제안방법은 두 단계로 구성되었다: 10명의 두뇌영상을 정규화시켜서 모조 두뇌 표본 영상을 생성하는 단계와 실험영상 두뇌의 외곽부를 모조 두뇌의 안면부로 대체시키는 단계이다. 전체 두뇌영상에서 두피와 두개골 영역을 분할하기 위하여 레벨셋 알고리즘을 적용하였다. 영역화된 모조 두뇌를 대상 두뇌영상에 동일하게 배치하고 정규화를 시켜서 익명화된 얼굴 모델을 생성하였다. 원래 영상과 변형된 영상의 두뇌 조직부의 밝기 변화를 비교하여 제안 알고리즘의 타당성을 실험하였다. 실험 결과 두 두뇌영상은 두뇌 조직에서 완전히 동일하면서 신원을 파악할 수 없는 것을 검증하였다.

Abstract

The current defacing method for keeping an anonymity of brain images damages the integrity of a precise brain analysis due to over removal, although it maintains the patients' privacy. A novel method has been developed to create an anonymous face model while keeping the voxel values of an image exactly the same as that of the original one. The method contains two steps: construction of a mockup brain template from ten normalized brain images and a substitution of the mockup brain to the brain image. A level set segmentation algorithm is applied to segment a scalp-skull apart from the whole brain volume. The segmented mockup brain is coregistered and normalized to the subject brain image to create an anonymous face model. The validity of this modification is tested through comparing the intensity of voxels inside a brain area from the mockup brain with the original brain image. The result shows that the intensity of voxels inside from the mockup brain is same as ones from an original brain image, while its anonymity is guaranteed.

Keywords : 자기공명영상(MRI), 레벨셋(level set), 안면마스크(facial mask), 두개골추출(skull extraction), 익명안면모델(anonymous facial model)

I. 서 론

최근 의료영상은 PACS (Picture Archiving and Communication Systems)^[1]의 보급에 기인하여 디지털

형태로 저장되고 네트워크를 통하여 장소의 제약 없이 전송될 수 있다. 의료 영상정보에는 의료 정보 이외에도 개인의 사적인 정보들이 포함되어 있어서 의료영상을 취급할 때에는 환자의 정보가 누출되지 않도록 특별히 관리를 해야 한다. 이에 대한 대책으로 미국 국회에서는 1996년 건강보험 변경 및 보장안법 (Health Insurance Portability and Accountability Act, HIPAA)을 통과시켰고, 이에 근거하여 모든 사적인 의료정보는 필요한 경우에만 열람할 수 있도록 지정하였다. 또한 2003년부터 HIPAA 사생활 보장법^[2]을 시행하여 환자의 개인 정보, 건강상태, 치료방법 및 의료비 정보들은

* 정회원-교신저자, 전북대학교 컴퓨터공학부, 영상정보신기술연구센터
(Div. of Computer Science and Engineering, CAIT, Chonbuk National University)

** 학생회원, 전북대학교 컴퓨터공학부
(Div. of Computer Science and Engineering, Chonbuk National University)

접수일자: 2011년7월6일, 수정완료일: 2011년10월18일

규정에 따라 취급하도록 명시하였다. 국내에서도 의사 윤리강령과 의사윤리지침 등을 규정하여 환자의 개인 및 의료 정보를 보호하도록 하고 있으며, 의사의 환자에 대한 비밀 누설금지 조항을 의료법으로 제정하여 형사법적 처벌을 받을 수 있도록 장치를 마련하고 있다. 그러나 개인 정보의 보호를 위하여 의료영상은 특별히 취급을 하여야 한다.

컴퓨터 단층촬영장치나 자기공명영상 (Magnetic Resonance Image, MRI) 촬영장치와 같은 의료 영상장치들은 대부분 표준 호환 영상 형태로 DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine)^[3]을 지정하여 저장하고 있다. DICOM의 자료저장 형태는 내장형 태그 방식으로 환자의 개인 정보, 즉 환자의 이름, 의사의 이름, 출생일, 성별, 병명들을 저장하고, 해당 의료영상을 압축하여 동일 파일에 저장하고 있다. 내장형 태그 정보는 단순 정보 이외에도 의사가 필요하다고 생각되는 모든 정보들을 텍스트형태로 포함하고 있으며, 이진 형태의 영상 정보와 함께 주요 역할을 하고 있다. 한편 의료진자 기술의 발달로 인하여 자기공명영상의 해상도가 높아져서, 3차원으로 구성된 영상에 특별한 처리를 가하지 않으면 개인의 신원이 그대로 노출될 수 있다.

장기나 골절 등의 영상은 내장형 태그 정보들을 편집기로 제거함으로써 환자의 개인정보를 차단할 수 있다. 그러나 두뇌영상의 경우 내장형 태그 정보만을 제거하여 개인 정보를 보호할 수 없다. 자기공명영상장치는 모발이나 수염 등과 같은 외적인 특성을 나타내지 못함에도 불구하고 정교한 해상도로 인하여 영상에 나오는 환자의 인식이 가능하기 때문이다. 대부분의 경우 이러한 의료영상은 특별한 처리 없이 PACS를 통하여 전송되고 있어서 특정 환자의 병명과 의료정보들이 본의 아니게 유출되고 있는 실정이다. 미국의 경우 3차원 MRI 두뇌영상의 안면부를 절단시켜서 영상의 대상이 누구인지 알수 없도록 하고 있으나 이러한 방법은 경우에 따라 두뇌 조직까지 절단시키는 문제점이 있다.

이러한 문제를 해결하기 위한 효율적이고 안전한 환자의 개인정보 보호 방법이 필요하다. DICOM에 내장된 태그정보를 수정하는 것은 앞서 언급한 바와 같이 파일 편집 방식을 통하여 간단히 처리될 수 있으나, 두뇌조직의 손상이 없이 3차원 영상 자체를 식별할 수 없도록 하는 방법은 간단하지가 않다. 특히 두뇌영상의 경우 의료정보의 손실이 없으면서 개인 정보의 누출을

방지할 수 있도록 해야 한다. 이 문제에 대한 새로운 방법으로 안면부를 제거하는 대신 마스크를 사용하여 얼굴을 가리듯이, 안면부를 교체하는 방법을 시도하였다. 새로운 시도로 익명화된 두뇌영상 모델을 개발하여 두뇌 조직의 손실이 없으면서 환자를 식별할 수 없도록 익명성을 보장하는 방법을 본 논문에서 기술하였다.

이후 논문에서는 현재 사용되고 있는 안면 제거 방법, 제안하는 두뇌영상의 익명화 방법, 제안 알고리즘의 실험적 적용, 그리고 결론의 순서로 기술하였다.

II. 안면 제거 방법

영상을 통하여 환자가 알려지는 것을 금할 수 있는 가장 단순한 방법은 식별의 요소가 되는 눈, 코 및 입 부위를 제거하는 방법이다. 이와 같은 안면 절삭 방법은 비두뇌 영역의 일부를 제거함으로써 환자의 식별을 할 수 없도록 하면서, 두뇌 분석에 필요한 조직들을 그대로 유지하여 차후 분석에 지장이 없도록 한다는 특징이 있다. 두뇌의 표면에 해당하는 두개골 부위를 제거하기 위하여서는 정확한 영역 분할이 이루어져야 한다. 영역분할은 밝기의 차이에 의하여 표면 영역을 분할하는 방법^[4]과 두개골 면을 구분하여 찾아내는 방법^[5]이 소개되었다. 최근에는 퍼지기법을 응용하여 두뇌의 영역을 구체적으로 세분화하는 알고리즘^[6]도 발표되었었다. 이와 같이 두개골 영역이 결정되면, 비두뇌 영역을 절단하여 환자의 신원을 감출 수 있다.

마찬가지로 두뇌의 영역이 결정되면 자동적으로 두피나 두개골과 같은 비두뇌 영역의 조직을 제거하여 환자의 신원을 식별을 할 수 없도록 익명화 영상을 생성할 수 있다. 이 과정은 두개골 부위를 제거하는 방법과 유사하게 구현할 수 있으며, Bischoff-Grethe 등^{[7][8]}은 mBIRN (Mouse Biomedical Informatics Research Network)^[9] 프로젝트에서 처음으로 이 기법을 활용하였으며, 그림 1에 나타난 바와 같이 안면이 제거된 두뇌 영상을 생성하였다. 또한 임상에 사용되는 두뇌 구조영상에 적용하여 자동적으로 안면부 영역을 효과적으로 제거할 수 있다고 보고하였다.

그림 1과 같이 두뇌영상의 안면부를 제거하는 방법은 익명화에는 성공할 수 있지만 두 가지 문제점을 내포하고 있다. 첫째는 안면부가 제거 되어도 전반적인 형태로 환자를 짐작할 수 있다는 것이다. 두 번째 문제점은 안면부를 제거할 때 두뇌 구조의 분석에 필수적인



그림 1. 3차원으로 구성된 구조적 자기공명영상(좌)과 안면제거 알고리즘이 적용된 후의 자기공명영상(우)

Fig. 1. An example of 3D reconstruction of a structural MR image (left) and a corresponding defaced image (right).

두뇌 조직의 일부가 함께 제거되는 오류가 발생할 수 있다. 실질적으로 두뇌와 이마의 간격은 미미한 거리를 유지하고 있기 때문에 영상의 일부를 제거할 때 종종 두뇌영상의 일부가 함께 제거되기도 한다. 안면 제거 알고리즘 수행도중 두뇌입자(voxel)의 손상을 가져올 경우 각 부분의 위치 및 용적을 정확하게 계산하는 것이 불가능하며, 무엇보다도 진료목적으로 활용할 수 없다는 치명적인 문제점이 발생된다.

III. 안면 익명화 방법

기존 안면제거 방법의 문제점은 환자의 얼굴 정보가 노출되는 것을 방지하기 위하여 안면부를 제거하는 데에서 기인되고 있다. 두뇌조직의 손실을 방지하면서 환자의 얼굴을 인식하지 못하도록 하기 위해서는 제거하는 방법대신에 임의의 표면을 안면부에 덧대어서 가리는 방법을 고려할 수 있다. 얼굴을 통하여 신상정보가 노출되는 것을 원하지 않을 때에 마스크를 착용하여 위장하는 원리와 동일한 방법을 적용하는 것이다. 위장마스크를 생성한 후에 환자의 실제 데이터와 통합시켜서 익명의 얼굴 모델을 생성할 수 있다. 이를 위해서 먼저 모조 두뇌영상을 구성한 후에 환자 두뇌영상의 두개골부위를 마스크로 변화 시켜 익명의 얼굴 모델을 생성하기로 한다.

1. 모조(mock-up) 두뇌영상

모조 두뇌영상은 환자를 식별할 수 없도록 가상의 안면부를 나타내는 두뇌영상을 의미한다. 이를 위하여 10명의 MRI 두뇌영상을 수집하였다. 그런 후에 익명의

얼굴 모델을 생성하기 위하여 등록(coregister) 및 정규화(normalization), 평균화(smoothing) 및 두개골부위 추출의 3단계 작업을 시행하였다.

가. 등록 및 정규화

개인마다 두개골의 크기와 형상이 다르므로 다수의 MR 영상의 평균값을 구하기가 쉽지 않다. 본 연구에서는 두뇌의 정 중앙 단면의 두 지점(전반 commissure와 후반 commissure)을 기준점으로 모든 두개골의 영상을 등록(coregistration)하였다. 등록된 영상들은 두뇌영상의 최외각 부분을 차지하는 정수리, 코 및 턱의 하단 부분을 기준으로 설정하여 공간상의 정규화(spatial normalization)를 시켰다. 이 과정을 통하여 크기와 형태가 다른 두뇌들이 두뇌의 중앙부를 중심으로 하여 비슷한 크기로 일치되도록 하였다.

나. 평균화

정규화된 두뇌영상 중에서 문턱치(threshold)를 이용하여 배경으로 인식되는 입자를 제외한 모든 두뇌영상, 즉 두개골, 두뇌 및 뇌수 부분을 더하여 평균값을 취하여 단일 영상으로 구성하였다. 평균화된 볼륨 영상은 일종의 평탄화(smoothing) 작업을 거쳐서 고주파 대역이 제거된 영상으로 생각할 수 있다.

다. 두개골 추출

단일영상으로 구성된 표준 두뇌는 안면부의 특징이 뚜렷이 들어나지 않아 환자의 신원을 식별 할 수 없는 상태이다. 또한 두개골과 두뇌 부위의 명확한 경계도 흐려진 상태이다. 대상 두뇌의 볼륨 영상과 통합을 위하여 두개골 부위만을 추출할 필요가 있다. 다음 항에서 기술된 레벨셋 방법을 활용하여 두뇌의 내부를 제거한 후 정형화된 모조 두뇌영상을 생성할 수 있었다. 이렇게 생성된 모조 두뇌영상은 여러 사람의 안면부를 나타내는 마스크 역할을 하기 때문에 해당 영상의 신원을 알아볼 수 없게 된다.

라. 레벨셋 방법

두뇌 볼륨영상은 여러 개의 단면 영상으로 구성되어 있으므로 한 단면씩 처리를 하여 3D 영상으로 통합시킬 수 있다. 레벨셋 방법^[10-11]은 객체의 곡선이나 표면의 형태에 대한 정보를 활용하여 2차원이나 3차원에 적용할 수 있는 수치계산 기반의 효율적인 영역분할

기법이다. 이 방법은 형태의 변형^[12]이나 의료영상의 영역화^[13]에 적용되어 양호한 결과를 나타내는 것이 증명되었다.

레벨셋 함수 Ψ 는 동일준위의 평면에 존재하는 입자들을 수집하여 형상을 결정하는 것으로 정의되어 있다. 이때 함수 Ψ 가 결정하는 최외각 형태를 정의하는 함수를 특별히 0의 레벨셋 함수라고 정의하며, 정의되는 곡선을 Γ 로 지정할 때 식 (1)과 같이 정의할 수 있다.

$$\Gamma = \{(x, y) | \Psi(x, y) = 0\} \quad (1)$$

곡선 Γ 는 레벨셋 함수 Ψ 를 통하여 묵시적으로 결정되며, 양의 방향 또는 음의 방향으로 변하는 함수 Ψ 에 의하여 형태의 진화를 가져올 수 있다. 만약 곡선 Γ 가 레벨셋 평면의 법선축을 따라서 속도 v 로 이동할 경우 편미분 방정식에 의하여 레벨셋 방정식을 식 (2)와 같이 구할 수 있다.

$$\frac{\delta \Psi}{\delta t} = v |\nabla \Psi| \quad (2)$$

식 (2)는 수치계산을 위하여 식 (3)과 같이 확장되어 변화하는 레벨셋 함수 Ψ 를 구할 수 있다.

$$\frac{d\Psi}{dt} = -\alpha A(x) \nabla \Psi - \beta P |\nabla \Psi| + \kappa |\nabla \Psi| \quad (3)$$

이때 A 와 P 는 는 상승률과 확산속도를 나타내며, 상수 α 와 β 를 통하여 지정한다. 상수 κ 는 외곽곡선의 평균 곡률값을 설정하도록 하였다.

2. 두뇌영상의 익명화

촬영하는 두뇌영상의 신원을 은닉하기 위해서는 앞서 생성된 표준 마스크를 실험영상의 원래 안면부와 교환하면 된다. 이 때 실험자의 두뇌가 표준 마스크의 크기와 일치하지 않을 수가 있다. 실험자의 두뇌가 표준 마스크보다 작은 경우는 문제가 발생하지 않으나, 클 경우에는 표준 마스크 밖으로 원래의 안면부가 돌출되어 신원이 노출할 수밖에 없다. 따라서 표준 마스크의 크기를 조절한 후에 익명화 영상을 생성하여야 한다.

가. 표준 마스크의 크기조절

이와 같이 실험 볼륨영상과 표준 마스크의 크기의 차이에서 발생하는 문제를 해결하기 위하여 표준 마스크의 크기를 실험 영상 두뇌의 크기와 유사하도록 변형시켜야 한다. 두뇌의 크기뿐만이 아니고 형태에 있어서도

개별적인 차이가 있어서 표준마스크와 실험 영상을 정확히 일치시키기는 불가능하다. MR 촬영기의 설정변수에 따라 약간의 차이가 있으나 256x256x256의 해상도로 두뇌를 촬영한다고 가정할 경우, 두피, 두개골 및 척수막의 크기는 8~9mm가 되어서 두뇌조직을 손상하지 않고 안면부를 교체할 수 있는 오차의 범위는 약 10개 정도의 부피입자(voxel)에 해당된다.

따라서 오차의 범위 한도 내에서 III.1의 가절과 유사한 방법으로 모조 두뇌영상을 동일 공간상으로 정규화 시켰다. 먼저 실험영상의 코와 정수리부분을 중심으로 하는 외곽부에 표준마스크가 일치되게 정규화 시킴으로써 표준 마스크의 크기와 방향을 실험 영상과 일치시켰다. 따라서 실험형상이 표준 두뇌보다 클 경우에는 표준 마스크가 확대가 되고, 그 반대의 경우에는 축소가 된다.

나. 익명화 볼륨 영상

이 단계에서는 실험 두뇌영상의 안면부를 인식할 수 없도록 모조 두뇌영상의 안면부와 교체하는 작업이 수행된다. 표준 마스크의 배경 부위를 구성하는 입자들은 이미 문턱치에 의하여 0의 값으로 지정되었다. 마찬가지로 두뇌의 내부를 구성하는 입자들도 레벨셋 방법에 의하여 0의 값으로 지정되어서 표준 마스크는 순수하게 두뇌영상의 외곽부만을 나타내고 있는 상태이다. 즉 양호한 마스크의 형태로 구성된 것이다. 따라서 익명화 얼굴 영상은 모조 마스크 영상의 값이 0이 아닌 밝기를 지닌 입자들에 상응하는 실험 영상의 입자 밝기를 모조 두뇌영상의 입자 밝기로 변환시켜서 익명화 얼굴 모델을 구할 수 있다. 앞서 기술한 바와 같이 두피와 두개골 및 척수막의 이격거리로 인하여 표준 마스크의 두개골의 위치가 정확하게 일치되지 않더라도, 두뇌영상의 핵심부분이 두뇌 조직을 구성하는 입자들의 밝기는 손상되지 않는 것이 확인 되었다.

IV. 실험

1. 두뇌영상과 실험환경

제안 방법을 검증하기 위하여 Siemens사의 Trio 모델 3T MR 촬영기로 T1 펄스시퀀스에 의하여 실험 데이터를 수집하였다. 촬영시 설정된 주요 변수는 다음과 같다. FOV(촬영범위) = 220x220 mm; matrix = 256x256x160; 촬영면 및 방향 = 시상면(sagittal) S-I;

두께 = 1.2mm; TR = 2300ms; TE = 2.94ms.

제안 방법은 Insight Toolkit사의 공개소프트웨어인 ITK^[14] 라이브러리를 활용하여 구현되었다. 모든 소프트웨어의 개발과 실험은 Intel Core 2 Duo 2.53GHz 컴퓨터상에서 수행되었다.

2. 모조 두뇌영상의 생성

본 논문에서는 제안하는 방법을 검증하기 위하여 10명의 두뇌영상을 앞 절에서 기술한 방법으로 촬영하여 수집하였다. 그림 1은 수집된 볼륨 영상들을 3차원으로 구성하여 정면에서 보는 모습을 나타내 보여주고 있다.

이들 수집된 영상을 두뇌의 중앙부인 전후 교련부(anterior and posterior commissure)를 기점으로 정렬하고 정규화 시켜서 생성한 모조 두뇌영상을 그림 2에

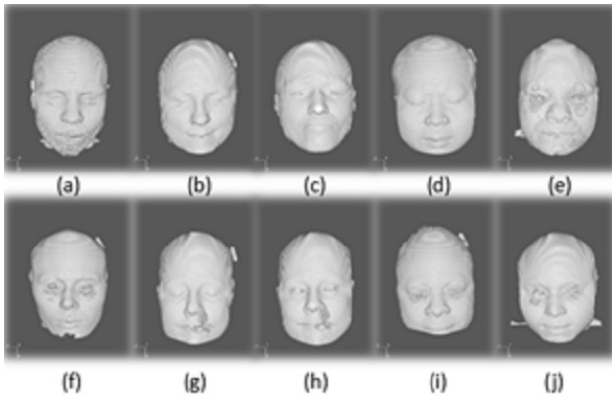


그림 1. 모조 두뇌영상을 생성하기 위하여 활용된 10인의 두뇌 볼륨 영상

Fig. 1. 3D volume images from 10 people used for a mock-up brain image.

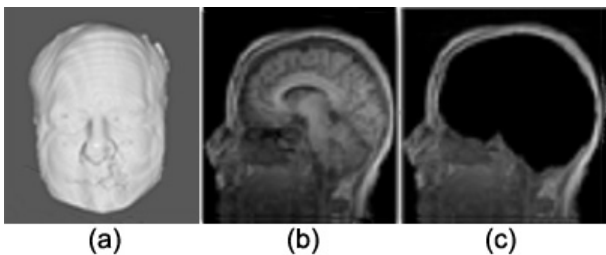


그림 2. 구성된 모조 두뇌의 볼륨 영상. (a) 익명의 얼굴 모델의 3D 영상 (b)익명 얼굴 모델의 84번째의 시상 이미지 (c)레벨셋 방법으로 두뇌 내부 조직을 제외한 표준마스크의 84번째 시상 이미지

Fig. 2. Constructed 3D mock-up brain image. (a) 3D volume image of anonymous face model (b) 84th sagittal view of anonymous face model (c) 84th sagittal view of a final volume of which brain voxels were removed.

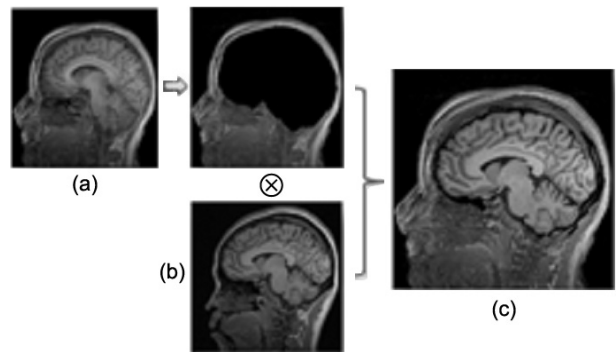


그림 3. 모조 두뇌영상의 두개골 부위(a)를 피실험자의 두개골 영상(b)과 교체하는 익명화 과정

Fig. 3. Anonymity process of subject's skull (b) substituted by a standard mask from a dummy brain (a) image.

나타내었다.

모조 두뇌영상에 레벨셋 방법을 적용하여 두뇌의 내부 조직을 모두 제거하면 두피와 두개골과 턱부위의 비두뇌 지역만 남겨두었다. 이 외곽부 영상은 영상의 신원을 은닉하기 위한 표준 마스크 영상으로 활용하였다. 모조 두뇌영상과 실험 영상의 통합하여 알고리즘의 결과를 검증하였다. 그림 3은 그림 1(a)의 데이터를 선택하여 모조 두뇌영상과 통합하는 과정을 나타내고 있다. 그림 3(a)는 모조 두뇌영상의 84번째 슬라이스 영상이며, 그림 3(b)는 수정하고자하는 실험영상이다. 모조 두뇌영상에서 생성된 표준 마스크 영상과 피실험자의 영상의 안면부를 비롯한 외곽 부위를 교체하여 신원을 알 수 없는 익명의 얼굴 모델 영상을 구성할 수 있었다.

3. 알고리즘의 검증

제안하는 두뇌영상의 익명화 알고리즘의 성능은 피실험자들의 두뇌영상을 표준 마스크로 익명화 시킨 후에 구별이 가능한지의 여부로 평가하였다. 모조 두뇌영상에서 생성된 표준 마스크를 착용한 것과 같이 감추어

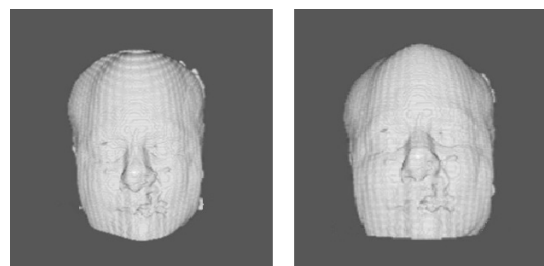


그림 4. 각기 다른 피실험자의 익명화된 영상의 비교
Fig. 4. Comparison of anonymous face model for different subjects.

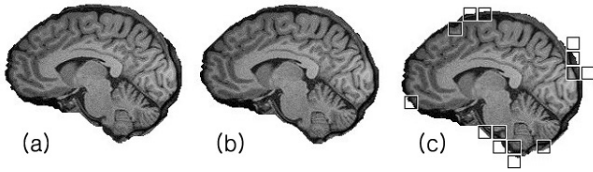


그림 5. (a) 원래 영상 (b) 익명화시킨 영상 (c) (a)와 (b) 슬라이스에 분포하는 화소들의 밝기값을 비교하여 차이가 있는 화소에 마커를 부여한 영상

Fig. 5. (a) Original brain image (b) Anonymous brain image (c) Verified image that puts markers at pixels which has different intensity between (a) and (b).

표 1. 실험에 사용된 영상과 새로운 영상의 원래 두뇌영상과 익명화된 영상간의 차이

Table 1. Difference between original brain image and anonymous brain image for a used brain and a new brain.

	Used brain	New brain
Total voxels	1843860	1388767
Different voxels	10510	12436
Percent error	0.57%	0.89%

져 있기 때문에 환자의 신원을 식별할 수 없었다. 그림 4는 그림 1(a)와 (c)의 익명화된 얼굴 모델을 보여주고 있으며, 피실험자의 신원을 확인할 수 없음을 보여주고 있다.

제안하는 알고리즘의 두 번째 검증으로 두뇌 내부 조직의 변질이 얼마나 일어났는지를 측정하였다. 피실험자의 원 영상과 익명화된 영상의 각 슬라이스를 순차적으로 비교하면서 두뇌 조직을 나타내는 입자의 밝기 변화가 있는지를 유틸리티 프로그램을 활용하여 화소간의 일대일 대응을 시켜 비교하는 방법으로 확인하였다. 그림 5는 그림 1(a) 영상의 84번째 슬라이스와 안면부가 변경된 영상의 동일한 슬라이스의 밝기값을 비교하는 상태를 나타내고 있다. 그림 5(c)를 관찰해보면 두개골 부위에서는 밝기의 차이가 발생했으나 두뇌 내부 조직에 있는 입자에서는 밝기에서 변화를 찾아볼 수 없었다. 명확한 비교를 위하여 모조 두뇌영상의 생성에 사용된 영상과 사용되지 않은 영상의 화소간의 차이가 얼마나 발생하는지를 측정하였다. 표 1은 모조두뇌영상을 만드는데 활용된 두뇌와 새로운 환자의 두뇌영상을 획득하여 모든 입자간의 밝기를 비교한 결과를 나타내고 있다. 이들 차이는 모두 두뇌 조직이 아닌 두개골 영역에서 1%미만으로 발생하였다.

V. 결 론

의료영상이 디지털화 되면서 네트워크를 통하여 환자들의 영상이 쉽게 유출되고 있다. 특히 두뇌 자기공명 영상의 경우 영상 데이터에 포함된 개인 정보와 두뇌영상 자체를 통한 개인의 신원이 노출되기 쉽다. 두뇌영상에 나타나는 신원을 보호하기 위하여 안면부를 깎아내는 기존의 방법과 달리, 본 논문에서는 마스크처럼 얼굴을 가려서 익명화를 이루는 새로운 방법을 제시하였다.

얼굴을 가리는데 사용하는 모조 두뇌의 영상은 10명의 두뇌영상을 두뇌부 중앙점 (commisure)을 기준으로 일치시킨 후, 두뇌 전정부와 코, 그리고 턱부분을 기준으로 정규화 시키고, 각 영상들의 평균값을 구하여 획득하였다. 생성된 모조 두뇌영상의 내부는 레벨셋 알고리즘을 적용하여 동공화 시킨 후에, 변경하려는 실험 영상의 두뇌와 통합시켰다. 이 제안 알고리즘은 두뇌영상들을 모조 두뇌영상의 마스크에 가려져서 신원을 확인할 수 없었다. 두뇌 내부 조직의 변질이 있어서는 안되기 때문에 두뇌영상의 각 슬라이스별로 변경전과 후의 화소값을 비교한 결과 두뇌 내부 조직에서는 차이점이 없음이 밝혀졌고, 두개골 부위에서 약 1% 미만의 차이가 발생되는 것을 확인하였다.

본 연구에서는 10명의 두뇌영상을 바탕으로 모조 두뇌영상을 생성시켰으나 좀 더 안정적이고 일반적인 모조 영상을 획득하기 위해서는 더 많은 수의 영상 데이터를 수집하고 정합시켜서 구할 수 있을 것으로 본다. 추후 연구에서 이러한 개선이 필요하며 두뇌 내부 조직의 변질 여부도 다양한 영상 데이터에 대하여 검증할 필요가 있다.

참 고 문 헌

- [1] R. Choplin, J. M. Boehme II and C. D. Maynard, "Picture archiving and communication system: an overview", RadioGraphics, vol. 12, no. 1, pp. 127-129, January 1992.
- [2] Hipaa Program Office, "HIPAA Spotlights", <http://hipaa.bsd.uchicago.edu/>, 2011.
- [3] National Electrical Manufacturers Association, "Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM)", PS 3-1, http://medical.nema.org/dicom/2004/04_01PU.PDF, 2004.
- [4] Ségonne F, Dale AM, Busa E, Glessner M, Salat

D, Kahn HK, Fischl B. "A hybrid approach to the skull stripping problem in MRI," Neuroimage 2004;22:1060 - 1075.

[5] Sandor S, Leahy R. "Surface-based labeling of cortical anatomy using a deformable database," IEEE Trans Med Imaging 1997; 16:41 - 54.

[6] 이효중, "퍼지기반의 두뇌영상 영역분할 알고리즘", 전자공학회 논문지-TC편, 46권 12호, pp 1205-1210, 2009년 12월.

[7] A Bischoff-Grethe, B Fischl, B Ozyurt, S Morris, GG Brown, C Fennema-Notestine, CP Clark, MW Bondi, TL Jernigan, "A technique for the deidentification of structural brain MR images", Human Brain Mapping, Budapest, 2004 June.

[8] Fennema-Notestine C, Ozyurt IB, Brown GG, Clark CP, Morris S, Bischoff-Grethe A, Bondi MW, Jernigan TL, Fischl B, Segonne, "Quantitative evaluation of automated-skull-stripping methods applied to contemporary and legacy images: Effects of diagnosis, bias correction, and slice location," Hum Brain Mapp 27: 99 - 113, 2006.

[9] Mouse BIRN, <http://www.loni.ucla.edu/BIRN/Projects/Mouse/index.shtml>, 2011.

[10] Osher, S., Sethian, J.A. "Fronts propagating with curvature-dependent speed: Algorithms based on Hamilton-Jacobi formulations", Journal of Computational Physics, 79:12-49, 1988

[11] J.A. Sethian. Level Set Methods and Fast Marching Methods. Cambridge University Press, pp382, 1996.

[12] R. Malladi, J. Sethian, and B. Vemuri. Shape modeling with front propagation: A level set approach. IEEE Trans. Patt. Analysis and Mach. Intell., 17(2):158 - 175, February 1995.

[13] C. Baillard, P. Hellier, and C. Barillot. Segmentation of brain 3D MR images using level sets and dense registration. Medical Image Analysis Journal, 2000.

[14] Luis Ibañez, Will Schroeder, Lydia Ng, Josh Cates, "The ITK Software Guide Second Edition-Updated for ITK version 2.4," The Insight Software Consortium, pp 836, 2005.

저 자 소 개



이 효 중(평생회원)-교신저자
 1986년 미국 유타대학교
 컴퓨터과학과 학사 졸업.
 1988년 미국 유타대학교
 컴퓨터과학과 석사 졸업.
 1991년 미국 유타대학교
 컴퓨터과학과 박사 졸업.

<주관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전, 의료영상, 병렬처리>



두 약 유(학생회원)
 2008년 South-Central University
 for Nationalities,
 Biomedical Engineering
 학사 졸업.
 2010년 전북대학교 영상학과 석사
 졸업.

2010년~현재 전북대학교 컴퓨터공학과
 박사과정.

<주관심분야 : Medical image processing,
 LiDAR processing, pattern recognition and
 multimedia data compression>