

자기공명영상의 3차원 가시화에 관한 연구

3D Visualization of Magnetic Resonance Imaging Data

김철수*
정회원
C. S. Kim

1. 서론

농산물이나 식품의 종합적인 등급 판정을 위해서는 내부 품질인자를 비파괴적으로 평가할 수 있는 기술의 개발이 필요하다. 따라서 초음파, 근적외선(NIR), X-레이, 자기공명(NMR) 기술 등을 응용하여 내부 품질을 평가하는 방법을 개발하려는 연구가 국내외에서 활발하게 진행되고 있다. 원자핵의 자기공명 특성을 이용하는 NMR기술은 1950년대 중반부터 농산물 내부 생리변화를 검사하는데 활용되기 시작되었다 (Kim et al., 1999).

공간적인 위치에 따른 자기공명 특성의 변화를 감지할 수 있는 자기공명영상(MRI)은 주로 의학 분야에서 질병진단용으로 널리 활용되어 왔다. 전기, 전자, 컴퓨터 공학이 발달에 따른 자기공명 관련 장비들의 가격하락은 농산물의 선별 및 식품의 제조공정에 MRI 기술의 도입을 가능하게 해주고 있다. MRI기술은 X-레이 단층(CT)영상과 함께 가장 강력한 비파괴 품질 평가 기술로 알려져 있다(Chen et al., 1991). Heil(1991)등은 자기공명 영상을 이용하여 맥주 거품의 특성을 연구하였으며, Zion(1994) 등은 가공된 버찌 내에 씨앗의 존재 여부를 파악하는데 자기공명영상기술이 유용하게 활용될 수 있음을 보고하였다.

MRI나 CT 기술을 이용하면 동시에 여러 장의 대상체 단면 영상을 얻을 수 있다. 각 단면 영상의 간격과 두께는 조절이 가능하며, 인접한 단면 영상들을 조합하여 3차원 부피영상이 생성된다. 3차원 영상은 대상체의 내부 구조와 조직의 상태를 쉽게 이해할 수 있도록 해주기 때문에, 의료분야에서는 병의 진단과 교육은 물론 효율적인 수술을 위한 계획을 세우는데 큰 도움이 된다. 따라서 3차원 가시화에 관한 연구도 활발하게 연구되어 여러 가지 기법들이 보고되어 있다(Bomans et al., 1990, Steen and Olstad, 1994).

단면 영상을 조합하여 얻은 부피영상(volumetric image)은 보통 3차원 배열로 표현하게 되며, 배열의 각 요소는 부피요소(volume element, voxel)라 한다. 3차원 가시화란 배열을 가시화하는 여러 가지 방법들 중에서 등가표면 구현법(isosurface construction)과 부피표사법(volume rendering)이 대표적인 방법들이다(Tiede et al., 1998).

본 연구에서는 위의 두가지 방법을 활용하여 복숭아의 내부구조를 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위하여, 복숭아의 자기공명영상을 3차원 가시화하고자 한다.

* 전북대학교 농과대학 생물자원기계공학전공 (농업과학기술연구소)

2. 재료 및 방법

자기공명 영상

캘리포니아산 복숭아의 자기공명영상을 얻기 위하여 사용된 Bruker Biospec 7T spectrometer의 사양을 표 1에 나타내었다. MSME(multi-slice multi-echo) 펄스 시퀀스를 이용하여 동시에 64단면, 해상도 128x128화소인 복숭아 영상을 획득하였다. 각 단면당 5개 씩의 echo영상을 획득하였는데 echo 지연시간(TE)는 10ms, 단면의 두께는 1.25mm, FOV(field-of-view)는 80mm였다. 이 중에서 128x128x64 크기의 3차원 배열을 구성하는 부피 데이터가 가시화를 위하여 이용되었다.

표 1. Specifications of BIOSPEC Spectrometer system.

System	Bore Size	Field Strength	Gradient B-GA12	Shim System	Host Computer	Software
BIOSPEC70/20	210mm	7.05T	200mT/m	B-S20	BRUKER/SGI Workstation	ParaVision

가시화 방법

등가평면(isosurface)이란 3차원 등고선(contour)을 일컫는 말로써, 여러 개의 다각형들을 이어 붙여서 대상체의 표면을 형성하게 된다. 본 연구에서는 등가평면을 생성하기 위하여 잘 알려진 Marching-Cubes 기법을 이용하였으며, 등가평면 구현 과정을 그림 1에 요약하여 나타내었다. 등가평면 구현법은 대상체의 표면만이 화면에 나타나기 때문에 매우 신속한 가시화가 가능한 장점이 있는 반면에, 대상체 내부의 정보를 상실하게 되는 단점이 있다.

부피묘사법(volume rendering)은 색상과 투명도를 정의한 LUT(look-up-table)에 근거하여 각 부피요소(voxel)에서 불투명도(opacity)가 계산되며, 불투명도에 따라 빛이 투과정도가 달라지며, 투과 과정에 위치한 모든 부피요소들이 대상체의 외관에 영향을 미치게 된다. 따라서 부피묘사법은 광추적법(ray tracing) 또는 광조사법(ray casting)이라고도 한다. 본 연구에서 이용된 부피묘사 과정을 그림 2에 요약하여 나타내었다. 부피묘사법은 대상체를 현실감 있게 묘사할 수 있는 장점이 있는 반면에, 물체간의 경계가 불분명해지고 구현시간이 많이 소요되는 단점이 있다.

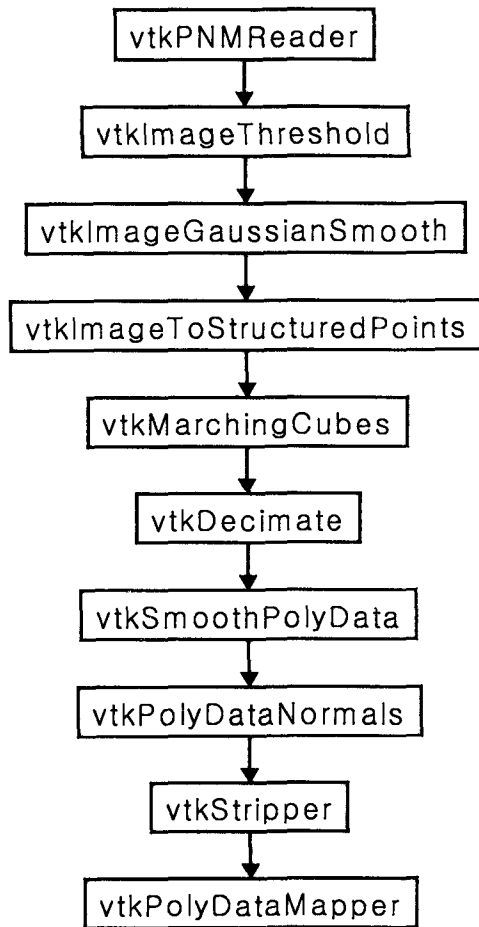


그림 1. 등가표면 구현법
(isosurface construction)

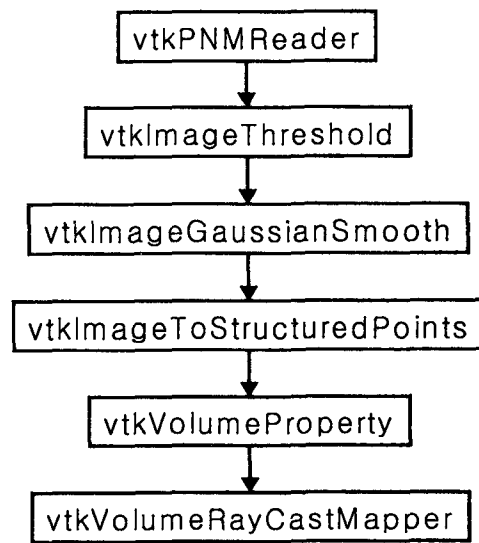


그림 2. 부피 표현법
(volume rendering)

3. 결과 및 고찰

MathWorks사의 Matlab 소프트웨어를 이용하여, 각각의 단면 영상을 MRI 데이터로부터 추출하였는데, 추출된 단면영상중의 일부를 그림 3에 나타내었다. 그림에서와 같이 좌측 부분의 화소 값이 높고, 복숭아 씨 부분의 화소값이 낮은 것을 알 수 있는데, 이는 두 부분의 스핀 밀도가 차이가 나기 때문이다. 본 연구에서는 가시화를 위하여 KitWare사의

VTK(Visualization ToolKit) V2.0을 이용하였다. VTK는 객체지향형 프로그래밍 환경에 맞게 개발되어 있기 때문에, TCL 스크립트를 이용하여 각 가시화 클래스(class)를 연결시킬 수 있다.

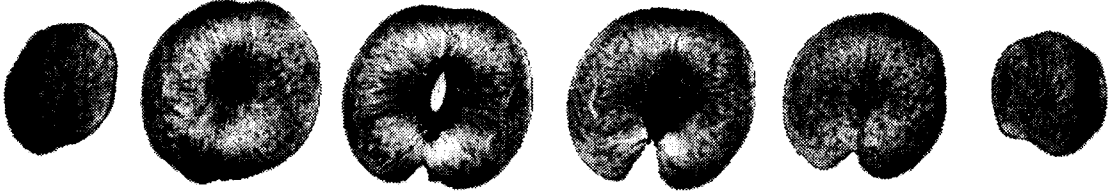


그림 3. 추출된 복숭아의 자기공명 영상

X-축, Y-축, Z-축 방향으로 복숭아를 절단하였을 때의 단면모양을 종합하여 그림 4에 나타내었다. 절단 평면을 전후좌우로 이동시키면서 원하는 위치의 단면모양을 살펴볼 수가 있다.

그림 5는 복숭아의 외관을 등가평면 구현법으로 표현한 후에, 상반부의 1/4을 절단하고, 중앙부에 부피묘사법으로 구현한 복숭아 씨를 결합한 것이다. 복숭아를 등가평면으로 표현하였기 때문에 절개한 곳을 통하여 내부를 들여다 볼 수가 있으며, 복숭아를 회전시키게 되면 씨앗은 보이지 않게 된다.

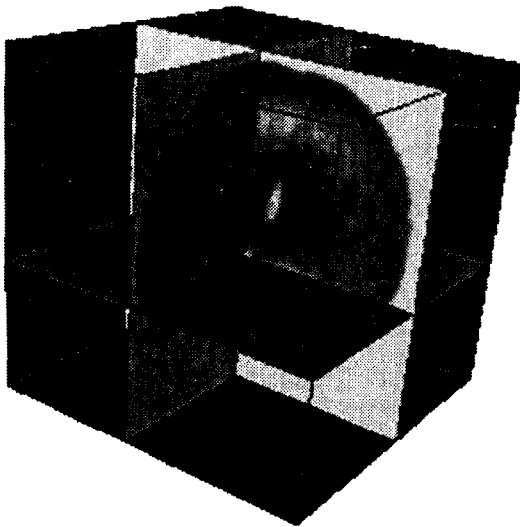


그림 4. 세 방향에서 바라본 절단 단면

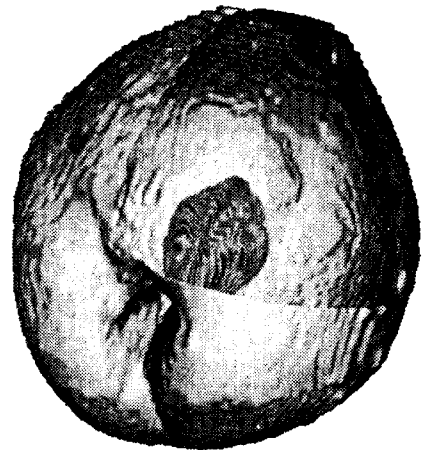


그림 5. 절개된 복숭아 표면(등가표면 구현법) 내의 씨(부피묘사법)

그림 6과 7은 부피 묘사법을 이용하여 전체 복숭아와 2분된 복숭아를 구현한 것이다. 앞에서 설명한 바와 같이 부피 묘사법은 색상과 투명도에 따라 외관이 달라지게 되기때문에, 각 LUT(look-up-table)의 값들을 변경함으로써 전혀 다른 느낌의 가시화가 가능하다. 특히 특정한 화소 값 범위를 완전 투명하도록 LUT을 설정해 주면, 그 범위 내의 화소들은 화면에 나타나지 않게 되며, 뒤의 물체가 나타나게 된다. 즉, 그림 6의 복숭아는 마우스를 한번씩 클릭할 때마다 부피가 안쪽으로 줄어들도록 구현할 수도 있다. 또한 클리핑 기능을 활용하면 그림 7에서와 같이 특정 부위를 화면에 나타나지 않도록 할 수도 있다.

복숭아 자기공명 영상을 활용하여 여러 가지 3차원 가시화 기법을 소개하였는데, 이러한 기법들은 전자현미경, 컴퓨터 단층촬영, 초음파 영상 등으로부터 대상체의 내부구조 정보를 이해하기 쉽게 전달하는데 널리 활용될 수 있을 것이다.

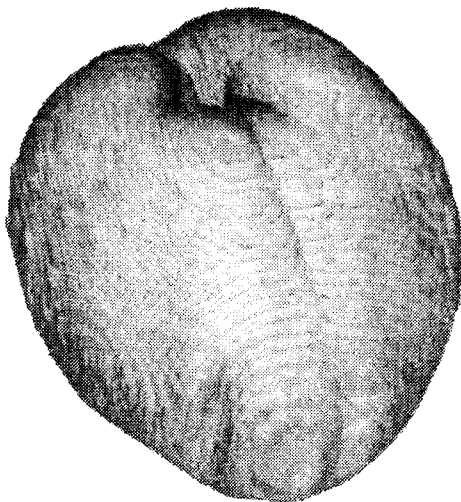


그림 6. 부피묘사법에 의한 복숭아의 표현

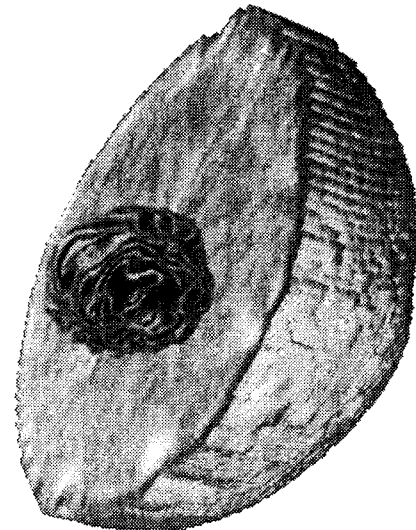


그림 7. 부피묘사법(volume rendering)에 의한 2분된 복숭아와 씨의 표현

4. 참고 문헌

Bomans, M., K. H. Hohne, U. Tiede, and M. Riemer, 3D segmentation of MR images of the head for 3D display. IEEE Trans. Medical Imaging, vol 9, June 1990.

Chen, P. and Z. Sun, A review of non-destructive methods for quality evaluation and

sorting of agricultural products. *J. Agric. Engineering Res.* 49:85-98, 1991.

Heil, J. R., K. L. McCarthy, J. B. German, and M. J. McCarthy, Use of magnetic resonance imaging for evaluation of beer foam characteristics. *The American Society of Brewing Chemistry*, vol 48(4):119-122. 1991.

Kim, S. M., P. Chen, M. McCarthy, and B. Zion, Fruit internal quality evaluation using nuclear magnetic resonance sensors. *J. agric. Engineering. Res.* vol 74:293-301, 1999.

Schroeder, W., K. Martin, and B. Lorensen, *The Visualization Toolkit*. Prentice Hall. 1997.

Steen, E. and B. Olstad, Volume rendering of 3D medical ultrasound data using direct feature mapping. *IEEE Trans. Medical Imaging*, vol 13, Sept. 1994.

Tiede, U., T. Schiemann, and K. H. Hohne, High quality rendering of attributed volume data. *IEEE Comput. Graphics Appl.* vol 18, 1998.