(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl.[7]
G06T 15/00

(45) 공고일자 2004년07월02일
(11) 등록번호 10-0437974
(24) 등록일자 2004년06월18일

(21) 출원번호 10-2002-0026010
(22) 출원일자 2002년05월11일
(65) 공개번호 10-2003-0088091
(43) 공개일자 2003년11월17일

(73) 특허권자 주식회사 메디슨
강원 홍천군 남면 양덕원리 114

(72) 발명자 김남철
대구광역시수성구범물동670우방미진하이츠104-1103

소현주
대구광역시북구침산3동557-19

김상현
부산광역시해운대구좌동1412동부아파트103-603

이준호
대구광역시달서구본리동성당주공아파트120-402

(74) 대리인 주성민
장수길

심사관 : 이승한

(54) 측면거리 상관함수를 이용한 3차원 초음파 영상 형성 방법및 장치

요약

본 발명은 측면거리 상관함수를 이용하여 수동주사에 의해 얻어진 2차원 연속 프레임들간의 거리를 정확하게 추정함으로써 3차원 초음파 영상 형성시 발생되는 영상의 왜곡을 줄일 수 있는 3차원 초음파 영상 형성 방법 및 장치에 관한 것이다. 3차원 초음파 영상 형성 장치는 다수의 2차원 초음파 영상 프레임을 3차원상에서 프레임간 거리가 균일하도록 보간하여 3차원 초음파 영상으로 변환하는 영상 변환 수단을 포함하며, 영상 변환 수단은 프레임간 상하와 좌우 움직임을 추정하여 다수의 2차원 초음파 영상 프레임을 3차원상에서 어긋남 없이 정렬하는 평면 위치 수정부 및 정렬된 다수의 2차원 초음파 영상 프레임내의 인접한 두 개의 프레임들 간의 거리를 추정하여 균일한 거리가 되도록 프레임 위치를 보간하는 프레임간 거리 추정부를 포함한다. 이때, 매 프레임의 블록별 측면거리 상관함수를 구하고, 측면거리 상관함수들이 프로브의 진행축과 초음파 센서의 배열축이 이루는 평면상에서 진행거리 상관함수들과 국부적으로 등방성이라고 가정하여 인접 프레임내의 각 블록간의 프레임간 거리를 추정한다.

대표도

도 3

색인어

초음파, 3차원, 수동 주사, 거리 추정

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 3차원 공간상에서 프로브를 이용하여 연속적으로 다수의 2차원 프레임을 획득하는 예를 보여주는 도면.
도 2는 본 발명의 실시예에 따른 3차원 초음파 영상 형성 시스템의 개략적인 블록도.
도 3은 도 2의 2D/3D 변환수단(16)의 내부구성을 보인 상세도.
도 4는 두 개의 프레임이 3차원 공간 상에서 서로 어긋난 상태를 보인 도면.
도 5는 쌍선형 보간 방법을 보여주는 도면.
도 6은 프레임간의 거리가 불균일하게 획득된 상태를 보인 도면.
도 7은 Y-Z 평면상에서 측면거리 상관함수와 진행거리 상관함수의 국부적 등방성을 보인 도면.
도 8은 측면 거리 상관함수의 부분 선형 근사를 보인 그래프.
도 9은 2차원 연속 프레임에 대한 선형 보간을 통하여 프레임간 거리가 균일한 연속 프레임을 형성하는 것을 보인 도면.
< 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 >
16 : 2D/3D 변환수단 20 : 전처리부
21 : 평면 위치 수정부 22 : 프레임간 거리 추정부
23 : 3차원 볼륨 구성부 24 : 렌더링부

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 3차원 초음파 영상 형성 시스템에 관한 것으로, 측면거리 상관함수를 이용하여 수동주사에 의해 얻어진 2차원 연속 프레임들간의 거리를 정확하게 추정함으로써 3차원 초음파 영상 형성시 발생되는 영상의 왜곡을 줄일 수 있는 3차원 초음파 영상 형성 방법 및 장치에 관한 것이다.
일반적으로, 3차원 초음파 영상은 2차원 연속 프레임들을 하나씩 일정간격으로 쌓아서 구성한 3차원 볼륨을 렌더링(rendering) 처리하여 만들어진다. 이 때, 일정 간격으로 쌓인 프레임들의 실제 프레임간 거리가 동일하지 않다면, 2차원 연속 프레임들을 3차원 초음파 영상으로 재구성할 때, 재구성된 3차원 초음파 영상이 실제 측정대상의 모양과는 다르게 왜곡되어 원하지 않는 3차원 영상이 된다. 예를 들어, 만일 측정대상이 장기인 경우라면, 2차원 프레임들간의 이격거리의 불균일성으로 인하여 3차원으로 재구성된 장기의 모양이 실제 장기의 모양과는 다르게 왜곡되는 것이다. 이와 같은 프레임간 거리의 불균일성은 프로브의 움직임 속도변화에 의한 것으로, 실제로는 같은 거리라도 프로브가 빠르게 움직이면, 상대적으로 적은 수의 2 차원 프레임을 얻게 되며, 따라서 프레임간 거리가 실제 거리보다 짧게 처리되므로 3차원으로 재생된 영상은 실제보다 수축되어 보인다. 반면에 프로브가 느리게 움직이면, 획득된 프레임 수가 많아져서, 재생된 영상이 실제보다 늘어나 보이게 된다. 이러한 문제점은 프로브를 수동주사할 경우, 즉 사용자가 프로브를 자신의 손으로 직접 핸들링할 때 더욱 심화된다. 따라서, 신뢰성 있는 3차원 초음파 영상을 구현하기 위해서는 프레임간 거리가 균일한 2차원 연속 프레임의 사용이 필수적이다.
이러한 프레임간 거리가 균일한 2차원 연속 프레임을 얻기 위하여 종래의 3차원 초음파 영상 형성 시스템은 다음과 같은 4가지 방법을 사용하였다.
우선, 다음의 3가지 기계적인 방법을 들 수 있다. 즉, 1) 기계 주사 방법(mechanical scanning), 즉, 사람의 손으로 주사하지 않고 환자를 고정시킨 상태에서 기계적으로 자동 주사하는 방법, 2) 위치 감지 센서가 달린 프로브의 수동 주사 방법(free-hand scanning){참고문헌: [D. F. Leotta, P. R. Giljja, O. H. Detmer, and J. M. Jong, 'Three- dimensional ultrasound imaging using multiple magnetic tracking systems and miniature magnetic sensors', IEEE Proc. Ultrasonics Symposium '95, vol. 2, pp. 1415] 및 [N. Pagoulatos, W. S. Edwards, D. R. Haynor, and Y. Kim, 'Interactive 3D registration of ultrasound and magnetic resonance images based on a magnetic position sensor', IEEE Trans. Inform. Technol. Biomedicine, vol. 34, pp. 278-288, Dec. 1999]}, 그리고 3) 3차원 프로브를 이용하는 방법{참고문헌: [T. White, K. Erikson, and A. Nicoli, 'A real-time 3D ultrasonic imager based on a 128/spl times/128 transducer array', IEEE Proc. 18th Annual International Conference of Engineering in Medicine and Biology Society, vol. 5, pp. 2109 2110, Jan. 1997.] 및 [J. M. Bureau, W. Steichen, and G. Lebail, 'A two-dimensional transducer array for real-time 3D medical ultrasound imaging', IEEE Proc. Ultrasonics Symposium '98, vol. 2, pp. 1065-1068, Feb. 1998]}이 있다.
마지막으로, 위와 같은 기계적 방법이 아닌 다른 방법으로서, 4) 위치 감지 센서가 부착되지 않은 프로브의 수동주사로 얻은 초음파 영상들의 프레임간 거리를 추정하기 위하여 기준 연속 프레임들로부터 구한 프로브의 진행거리, 즉

프레임간 거리에 대한 정재적인 상관 함수를 사용하는 방법{참고문헌: [M. Li, 'System and method for 3-D medical imaging using 2-D scan data', United States Patent, patent no. 5582173, 1996.]}이 있다. 여기서, 정재적인 상관함수란 구해진 위치에 관계없이 상관함수값이 일정한 것을 의미하며, 위의 네 번째 방법은 진단 부위와 유사한 조직에 대해 얻은 기준 프레임들로부터 정재적인 기준 진행거리 상관함수(reference elevation correlation function) rho (d)를 구하여 이를 프레임간 거리추정에 이용한다.

전술한 네 번째 방법은 입력 프레임을 다수의 블록들로 나누어 각 블록별로 진행거리 상관도(ρ_z^n)를 계산하고 이들을 가중치 평균하여 진행거리 상관도를 추정하며, 이를 기준 진행거리 상관함수에 대응시켜서 거리를 추정한다. 이때, 각 블록별 진행거리 상관도(ρ_z^n)는 다음의 수학식 1에 의해 구해진다.

수학식 1

$$\rho_z^n=\frac{\sum_{(x,y)\in B_n}[I_z(x,y)-\bar{I}_z^n][I_{z+\Delta z}(x,y)-\bar{I}_{z+\Delta z}^n]}{\sqrt{\sum_{(x,y)\in B_n}[I_z(x,y)-\bar{I}_z^n]^2\sum_{(x,y)\in B_n}[I_{z+\Delta z}(x,y)-\bar{I}_{z+\Delta z}^n]^2}}$$

여기서, $I_z(x,y)$는 3차원 공간상의 좌표값 (x,y,z)에서의 밝기값이고, B_n 은 한 프레임에서 n번째 블록이고, $\bar{I}_z^n$ 는 블록내의 평균 밝기값이며, Δz 는 z에 위치한 프레임으로부터 다음 프레임까지의 거리를 나타낸다. ρ_z 는 프레임간 진행거리 상관도로서 블록별로 얻어진 진행거리 상관도(ρ_z^n)로부터 얻어지고, ρ_z 를 기준 진행거리 상관함수의 역함수를 이용한 수식 $\hat{\Delta}z=\rho^{-1}(\rho_z)$ 에 대입하면 2차원 연속 프레임간 거리 $\hat{\Delta}z$ 를 추정할 수 있다.

그러나, 상술한 네 가지 방법은 다음과 같은 단점이 있다.

먼저, 세 가지 기계적인 방법(즉, 기계주사방법, 위치감지센서를 구비한 프로브의 수동주사방법 및 3차원 프로브를 이용한 방법)을 이용하면 프레임간 거리는 정확하게 얻을 수 있지만, 프로브를 기계적으로 고정시키거나 프로브에 부가적인 장치들을 부착해야 하므로, 사용 위치의 제한성으로 인해 프로브를 이용하는 환자나 진료자 모두가 불편함을 느낄 뿐만 아니라, 부가적인 장치의 필요성으로 인하여 초음파 영상 시스템의 생산비가 높아져 비효율적이다. 특히, 3차원 프로브를 이용한 방법에서는, 3차원(3D) 프로브가 2차원 프로브에 비해서 훨씬 많은 초음파 센서 어레이(array)를 사용해야 하는 특성으로 인하여 초음파 영상 시스템의 가격이 상승하고 프로브의 크기도 커지게 되어 진료자가 환자에 대하여 프로브를 이동시킬 때 사용하기가 매우 불편하였다.

이에 반하여, 네 번째 방법은 위의 세 가지 기계적 방법과는 달리 수동주사방식을 사용하면서 별도의 센서나 장치를 필요로 하지 않으므로 진료자나 환자가 사용하기에 편리하고 초음파 기기의 제작비도 낮출 수 있는 장점이 있지만, 초음파 영상의 비정재적 특성을 무시하고 고정된 진행거리 상관함수를 사용함으로써 2차원 연속 프레임간 거리의 정확한 추정이 사실상 어려워 측정된 초음파 영상의 신뢰도가 상대적으로 떨어진다.

결론적으로, 기계 장치나 위치 감지 센서를 이용하지 않고서 수동 주사 방식으로 얻어진 영상들로부터 프레임간 거리를 정확히 추정할 수 있는 방안이 필요하다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서, 본 발명은 상술한 문제점을 해소하기 위한 것으로서, 측면거리 상관함수를 이용하여 수동주사에 의해 얻어진 2차원 연속 프레임들간의 거리를 정확하게 추정함으로써 3차원 초음파 영상 형성시 발생되는 영상의 왜곡을 줄일 수 있는 3차원 초음파 영상 형성 방법 및 장치를 제공하는데 그 목적이 있다.

발명의 구성 및 작용

상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 3차원 초음파 영상 형성 장치는, 수동 주사로 얻어진 다수의 2차원 초음파 영상 프레임으로부터 3차원 초음파 영상을 형성하는 장치에 있어서, 대상체로 초음파 신호를 송신하고 상기 대상체로부터 반사된 초음파 신호를 수신하기 위한 다수의 변환소자를 포함하는 배열 변환 자, 상기 배열 변환자에서 출력되는 초음파 신호에 소정의 시간지연을 주어 상기 초음파 신호를 수신집속하여 다수의 2차원 초음파 영상 프레임을 출력하는 초음파 신호 집속 수단, 상기 초음파 신호 집속 수단으로부터 출력되는 상기 다수의 2차원 초음파 영상 프레임을 3차원상에서 어긋남 없이 정렬하고 프레임간 거리가 균일하도록 보간하여 3차원 초음파 영상으로 변환하기 위한 영상 변환 수단, 및 상기 3차원 초음파 영상을 디스플레이하기 위한 표시수단을 포함한 것을 특징으로 한다.

본 발명에 따른 3차원 초음파 영상 형성 방법은, 수동 주사로 얻어진 다수의 2차원 초음파 영상 프레임으로부터 3차원 초음파 영상을 형성하는 방법에 있어서,대상체로 초음파 신호를 송신하고 상기 대상체로부터 반사된 초음파 신호를 수신하는 단계, 상기 반사된 초음파 신호에 소정의 시간지연을 주어 상기 초음파 신호를 수신집속하는 단계, 상기 다수의 2차원 초음파 영상 프레임을 3차원상에서 프레임간 거리가 균일하도록 보간하여 3차원 초음파 영상으로 변환하는 단계, 및 상기 3차원 초음파 영상을 디스플레이하는 단계를 포함한 것을 특징으로 한다.

이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

도 1은 3차원 공간상에서 2차원 프로브를 이용하여 연속적으로 다수의 2차원 프레임을 획득하는 과정을 보인 것이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 3차원 공간은 심도-측면-진행(X-Y-Z)의 직교좌표계로 표현된다. 이때, 초음파 어레이(5)는 측면방향인 Y축 방향으로 배열되어 있고, 대상체(6)에 대한 모든 프레임(7)들은 X-Y평면내에 존재하고, 2차원 프

로브(8)의 접촉면은 항상 X축에 직교하는 것으로 가정한 다. 그러나, 2차원 프로브(8)를 이용하여 다수의 프레임 영상열(sequence)을 획득할 경우에, 프로브(8)가 시술 대상의 피부의 굴곡면에 접촉되어 비선형적으로 움직이기 때문에 획득된 프레임들의 3차원적 위치가 상하 또는 좌우로 일정하지 않게 된다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 3차원 초음파 영상 형성 시스템의 개략적인 블록도이다. 도 2를 설명하면, 배열 변환자(transducer array)(11)는 초음파 신호를 목표물(10)로 송신하고, 목표물(10)에서 반사된 초음파 신호를 수신한다. 배열 변환자(11)에서 수신된 신호는 프리-앰프(pre-amp)(12)에서 소정 크기로 증폭된다. TGC앰프(13)에서는 인체 내에서 초음파의 이동 거리에 따른 감쇄를 보상하기 위하여 시간에 따른 이득(gain)을 변화시키면서 프리-앰프(12)로부터의 신호를 증폭한다. 빔형성기(14)는 각각의 변환소자로부터 소정의 처리를 거친 신호들을 입력받아 각각 서로 다른 시간지연을 갖도록 한 뒤 모두 더하여 측방향(lateral)의 수신집속(receive focusing)을 하는데, 시간지연량을 매 순간 변화하도록 하여 초음파가 반사되는 점에 수신집속을 한다. A/D변환부(15)는 빔형성기(14)를 거친 신호를 입력받아 디지털 신호로 변환한다. 2D/3D 변환수단(16)은 A/D변환부(15)로부터 출력된 디지털 신호를 입력받아 2차원 초음파 영상 프레임으로부터 3차원 초음파 영상을 구성한다. 2D/3D 변환수단(16)으로부터 출력된 3차원 초음파 영상 신호는 디스플레이부(17)에서 표시된다.

도 3은 도 2의 2D/3D 변환수단(16)의 내부구성을 보인 상세도이다. 도 3을 설명하면, 입력된 2차원 초음파 프레임 영상열은 평면 위치 수정부(21)와 프레임간 거리 추정부(22)로 구성된 전처리부(20)를 거쳐 프레임간 거리가 균일하도록 보간된 후, 3차원 볼륨 구성부(23)와 렌더링부(24)에 의해 3차원 영상으로 재구성된다. 평면 위치 수정부(21)는 인접한 두 프레임들의 3차원상에서 평면 위치에 대한 상하와 좌우 움직임을 추정하여 프레임들을 3차원적으로 정렬시킨다. 프레임간 거리 추정부(22)는 정렬된 인접한 두 프레임들 간의 거리를 추정하여 균일한 거리를 갖도록 프레임들을 보간한다. 3차원 볼륨 구성부(23)에서는 균일하게 정렬된 2차원 프레임들로부터 3차원 볼륨 정보를 얻는다. 렌더링부(24)는 렌더링 처리를 통하여 3차원 영상을 구성한다.

도 3의 구성요소중에서 본 발명의 핵심인 2차원 영상 프레임간 균일한 거리를 만들어 3차원 영상 재구성시 영상의 왜곡을 방지하는 수단은 구체적으로 전처리부(20), 즉, 평면 위치 수정부(21)와 프레임간 거리 추정부(22)에 해당한다.

이하, 평면 위치 수정부(21)와 프레임간 거리 추정부(22)를 좀 더 상세히 설명한다. 평면 위치 수정부(21)는 프레임간 상하와 좌우 움직임을 추정하여 이를 수정하여 프레임들을 3차원적으로 정렬시키는 역할을 한다. 도 4를 참조하면, k번째 프레임내의 임의의 좌표 (x,y)는 3차원 공간상에서 좌표 $(x+x_k, y+y_k, z_k)$에 위치한다. 여기서, (x_k, y_k)는 3차원 좌표의 원점에서부터 k번째 프레임이 떨어진 정도를 나타내는 벡터이다. 다음 프레임인 (k+1)번째 프레임이 3차원 좌표의 원점에서부터 떨어진 정도를 나타내는 벡터 (x_{k+1}, y_{k+1})는 앞에서 구한(x_k, y_k)과 프레임간 움직임 벡터 $s_k=(\Delta x_k, \Delta y_k)$ 의 합으로 얻을 수 있다. 도 4는 이러한 프레임 평면의 3차원 공간상에서의 움직임을 보여주는데, 두 개의 프레임(즉, 프레임 k 및 프레임k+1)이 3차원 공간상에서 서로 어긋나 있는 상태를 보인다. 다시 말해, 도 4에서 (k+1)번째 프레임이 k번째 프레임에 비하여 3차원 공간상에서 우측 아래쪽으로 움직여 X-Y 평면상에서의 위치가 틀린 것이다. 만일 이러한 프레임의 어긋남을 무시하고 바로 3차원 볼륨 구성부(23)와 렌더링부(24)를 통해 3차원 영상으로 재구성하면 영상의 왜곡이 발생한다.

따라서, 평면 위치 수정부(21)는 복수의 프레임을 3차원 상에서 어긋남 없이 정렬하기 위해서, 블록 매칭 알고리즘(BMA,block matching algorithm)을 이용하여 움직임 벡터를 추정한다. 이를 위하여, 평면 위치 수정부(21)는 프레임을 겹쳐지지 않는 다수의 블록들로 나눈 후 각 블록에 대해 도 5에 도시된 쌍선형 보간 방법 (bilinear interpolation)을 이용하여 반화소 단위까지 매칭을 시킴으로써 각 블록별 움직임 벡터를 얻는다. 도 5에 도시된 쌍선형 보간 방법 (bilinear interpolation)을 부연 설명하면, ●로 표기된 정수화소(A,B,C,D)들 사이에 O로 표기된 반화소들(b,c,d) 각각의 위치를 $b=\frac{A+B}{2}$, $c=\frac{A+C}{2}$, $d=\frac{A+B+C+D}{4}$ 로 파악할 수 있어 반화소(즉, 1/2 픽셀) 단위까지 매칭이 가능하여 추후에 디스플레이부(17)를 통해 표시되는 3차원 초음파 영상의 정밀도를 높이는데 기여한다.

평면 위치 수정부(21)는 각 블록별 움직임 벡터를 얻은 후, 구해진 블록별 움직임 벡터들 중에서 가장 빈도수가 높은 벡터($\tilde{s}_k$)를 정하여 이를 통해 프레임의 움직임 벡터를 산출한다. 이때, 프로브(8)의 움직임이 이동 거리가 짧은 구간내에 서는 급속하지 않으므로 이전의 움직임 벡터값과의 상관성을 고려하여 k번째 프레임의 움직임 벡터($\hat{s}_k$)를 다음의 수학식 2에 의해 산출한다.

수학식 2

$$\hat{s}_k=\alpha\,\hat{s}_k+(1-\alpha)\,\hat{s}_{k-1},\quad 0\le\alpha\le 1$$

여기서, $\hat{s}_{k-1}$ 은 (k-1)번째 프레임의 움직임 벡터이고, α와 1-α는 각 값에 가해지는 가중치를 의미하고, 이전의 움직임 벡터값과의 가중치 평균을 얻기 위하여 α의 범위는 0≤α≤1로 정해진다.

위와 같이 산출된 프레임의 움직임 벡터를 이용하여 평면 위치 수정부(21)는 프레임간 상하좌우 움직임을 추정하여 다수의 프레임들을 어긋남 없이 3차원적으로 정렬시킨다.

한편, 프레임간 거리 추정부(22)는 정렬된 인접한 두 프레임들 간의 거리를 추정하여 균일한 거리가 되도록 프레임 위치를 보간하는 역할을 수행한다. 이를 위한 프레임간 거리 추정부(22)의 동작을 설명하면 다음과 같다.

프레임간 거리 추정부(22)에 입력되는 평면 위치 수정부(21)로부터의 프레임 영상 열들은 도 6에서와 같이 동일한 Z축 상에 배열되어 서로 어긋남은 없으나 프레임간 거리가 불규칙한 상태에 있다. 즉, 도 6은 프레임간 균일 거리 D보

다 더 먼 거리에서 다음 프레임인 (k+1)번째 프레임이 획득된 것을 보인다. 따라서, 프레임간 거리 추정부(22)는 도 6에서와 같이 불규칙한 거리로 배열된 프레임들을 균일거리 D로 배열하기 위해서 다음과 같은 가정을 이용한다.
즉, 짧은 거리 $\Delta z = \Delta y$ 에서는 (x,y,z)와 $(x, y+\Delta y, z)$ 사이의 측면거리 상관함수가 (x,y,z)와 $(x, y, z+\Delta z)$ 사이의 진행거리 상관함수와 같다고 가정한다. 도 7은 Y-Z 평면상에서 측면거리 상관함수와 진행거리 상관함수의 국부적 등방성을 보이는데, 측면거리 상관함수와 진행거리 상관함수에 대해서는 이후 상세히 후술될 것이다. 상기와 같은 가정을 할 수 있는 이유는, 실제 인체 장기의 작은 부분에 대해서는 조직의 특성이 거의 같으며, 동일한 초음파 어레이로부터 동일한 심도에 대해 수신 혹은 반사된 정보들로 영상들을 구성하기 때문에 그 부분에 대한 영상 특성도 같을 것이기 때문이다.
프레임간 거리 추정부(22)는 위와 같은 가정하에서 다음과 같이 동작한다.
먼저, 각 프레임을 겹치지 않도록 여러 개의 블록으로 나눈 후, 각 블록에 대하여 다음의 수학식 3으로 주어지는 측면거리 상관도들을 계산한다. 측면거리 상관도란 3차원 공간상의 여러 방향 중 측면 방향인 Y축 방향에서 구해진 상관도를 의미한다.

수학식 3

$$\eta_z^n(d) = \frac{\sum_{(x,y)\in B_n} [I_z(x,y) - \bar{I}_z^n][I_z(x,y+d) - \bar{I}_z^n(d)]}{\sqrt{\sum_{(x,y)\in B_n} [I_z(x,y) - \bar{I}_z^n]^2 \sum_{(x,y)\in B_n} [I_z(x,y+d) - \bar{I}_z^n(d)]^2}}$$

여기서, $\bar{I}_z^n(d)$ 는 Y축 방향으로 d만큼 이동한 블록의 평균 밝기값이고, $I_z(x,y)$는 3차원 공간상의 좌표값 (x,y,z)에서의 밝기값이고, B_n 은 한 프레임에서 n번째 블록이다.
프레임간 거리 추정부(22)는 위와 같이 측면거리 상관도 $\eta_z^n(d)$ 를 계산한 다음, 이 결과들을 도 8과 같이 부분 선형 근사화함으로써 측면거리 상관함수를 얻는다. 도 8에서 가로축은 화소간의 거리(d)이며, 세로축은 상관도 값을 나타낸다. 그래프에서 ●로 표시된 지점은 정수 화소 단위로 수학식 3을 이용하여 구한 값이며, 각 지점 사이를 선형으로 이어서 그 사이의 상관도를 추정한다. 원점으로부터 거리(d)가 멀어질수록 상관도가 낮아지므로 그래프는 하향 선형이다.
이후, 프레임간 거리 추정부(22)는 다음의 수학식 4를 통하여 진행거리 상관도를 구한다.

수학식 4

$$\rho_z^n = \frac{\sum_{(x,y)\in B_n} [I_z(x,y) - \bar{I}_z^n][I_{z+\Delta z}(x,y) - \bar{I}_{z+\Delta z}^n]}{\sqrt{\sum_{(x,y)\in B_n} [I_z(x,y) - \bar{I}_z^n]^2 \sum_{(x,y)\in B_n} [I_{z+\Delta z}(x,y) - \bar{I}_{z+\Delta z}^n]^2}}$$

여기서, $I_z(x,y)$는 3차원 공간상의 좌표값 (x,y,z)에서의 밝기값이고, B_n 은 한 프레임에서 n번째 블록이고, $\bar{I}_z^n$ 는 블록내의 평균 밝기값이며, Δz 는 z에 위치한 프레임으로부터 다음 프레임까지의 거리이고, ρ_z^n 는 블록별로 얻어진 진행거리 상관도이다.
다음에, 프레임간 거리 추정부(22)는 앞서 설명된 짧은 거리 $\Delta z = \Delta y$ 에 대해 진행거리 상관함수와 측면거리 상관함수가 국부적으로 등방성이라는 $\rho_z^n(\Delta z) = \eta_z^n(\Delta y)$ 의 가정하에서, n번째 블록간 거리 $\hat{\Delta}^n z$ 를 다음의 수학식 5에 의해 추정한다. 도 7은 이러한 $\Delta z = \Delta y$ 에 대해 $\rho_z^n(\Delta z) = \eta_z^n(\Delta y)$ 의 가정이 성립됨을 보인 것이다.

수학식 5

$$\hat{\Delta}^n z = \eta_z^{n^{-1}}(\rho_z^n)$$

여기서, n번째 블록간 거리 $\hat{\Delta}^n z$ 는 n번째 블록의 측면거리 상관함수(η_z^n)의 역함수에 n번째 블록의 진행거리 상관도(ρ_z^n)를 대입함으로써 구해진다.
이후, 프레임간 거리 추정부(22)는 위와 같이 구해진 블록간 거리들 $\hat{\Delta}^n z$ 로부터 2차원 연속 프레임간 거리 $\hat{\Delta} z$ 를 다음의 수학식 6에 의해 추정할 수 있다.

수학식 6

$$\hat{\Delta} z = \frac{1}{|N_d|} \sum_{n\in N_d} \hat{\Delta}^n z, \quad N_d = \{n : |\hat{\Delta}^n z - m| < \sigma\}$$

여기서, m과 σ는 모든 블록들에 대한 $\hat{\Delta}^n z$ 의 평균과 표준편차를 나타낸 것이고, $|N_d|$ 은 집합 N_d 의 크기이다.
마지막으로, 프레임간 거리 추정부(22)는 추정된 프레임간 거리들로부터 선형 보간을 이용하여 도 9와 같이 프레임간

거리가 균일한 연속 프레임을 구성한다. 이때, 적용되는 선형 보간은 수학식 7로 나타낼 수 있다.

수학식 7

$$\hat{I}_{z_k+\delta}(x,y)=\frac{I_{z_k+1}(x,y)-I_{z_k}(x,y)}{\hat{\Delta} z_k}\cdot\delta+I_{z_k}(x,y),\quad 0<\delta<\hat{\Delta} z_k$$

여기서, $\hat{I}$ 는 선형보간에 의해 생성되는 새로운 프레임이고, δ 는 D를 원하는 프레임간 균일 거리라고 할 때 임의의 양의 정수 m에 대해 $z_k+\delta=mD$ 를 만족시 키는 값으로 정해진다. 그리고, Z $_k$ 는 k번째 프레임의 진행축에서의 좌표값이다.

결론적으로, 2D/3D 변환수단(16)으로 입력된 2차원 초음파 프레임 영상열은 평면 위치 수정부(21)가 다수의 프레임들을 어긋남 없이 3차원적으로 정렬시키고, 프레임간 거리 추정부(22)가 정렬된 프레임들 간의 거리를 추정하여 균일한 거리가 되도록 프레임 위치를 보간하기 때문에, 3차원 볼륨 구성부(23)와 렌더링부(24)를 통해 영상의 왜곡이 최소화된 3차원 영상으로 재구성되어 디스플레이부(17)로 전달된다.

덧붙여서, 현재 프레임이 이전 프레임으로부터 X-Y-Z축에 대해 회전한 각도는 다음과 같이 구한다. 먼저, 프레임을 블록으로 나누어서, 다음의 수학식과 같은 방법으로 각 블록별 회전각도들을 구한다.

수학식 8

$$(\alpha_n,\beta_n,\gamma_n)=\underset{\alpha,\beta,\gamma}{\arg\min}\; D[B'_n(\alpha,\beta,\gamma),B_n]$$

여기서, B $_n$ 은 현재 프레임에서 n번째 블록이며, B' $_n$ (α,β,γ)은 이전 프레임에서의 n번째 블록을 α,β,γ 만큼 회전시킨 블록이고, D[B' $_n$ (α,β, γ), B $_n$]는 두 블록간의 오차를 나타낸다. 블록의 회전각은 이 오차를 가장 작게 만드는 각이 된다.

프레임 내의 블록들에서 얻어진 블록의 회전각들을 평균하여 현재 프레임의 회전각을 구한다. 현재 프레임이 α,β,γ 만큼 회전된 상태라면, 다시 -α,-β,-γ 만큼 현재 프레임을 회전시키면 회전에 의한 오차가 사라질 것이다. 다음의 수학식은 회전 오차를 가진 프레임에서의 3차원 좌표 (x,y,z)로부터 회전에 의한 오차가 수정된 프레임에 대한 좌표 (x',y',z')을 구하는 식이다.

수학식 9

$$\begin{bmatrix}x'\\y'\\z'\end{bmatrix}=R_zR_yR_x\begin{bmatrix}x\\y\\z\end{bmatrix}$$

$$R_z=\begin{pmatrix}\cos\gamma & \sin\gamma & 0\\ -\sin\gamma & \cos\gamma & 0\\ 0 & 0 & 1\end{pmatrix},\quad R_y=\begin{pmatrix}\cos\beta & 0 & -\sin\beta\\ 0 & 1 & 0\\ \sin\beta & 0 & \cos\beta\end{pmatrix},\quad R_x=\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & \cos\alpha & \sin\alpha\\ 0 & -\sin\alpha & \cos\alpha\end{pmatrix}$$

프레임의 위치 및 회전에 대한 보정의 전체적인 과정은, 평면 위치 수정부와 프레임간 거리 추정부를 거쳐서 수정된 프레임 영상열은 위와 같은 회전 위치 수정부를 거치고, 이 과정들을 반복하여 영상들이 흔들림이나 회전이 없는 영상들로 수렴되도록 한다.

상기에 있어서, 본 발명의 바람직한 실시예에 대해서 설명하였는데, 본 발명의 특허 청구 범위를 이탈하지 않으면서 당업자가 다양한 변경을 행할 수 있음은 물론이다.

발명의 효과

상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 3차원 초음파 영상 형성 방법 및 시스템은 종래의 기계 장치나 위치 감지 센서를 이용하지 않고서 수동 주사 방식에 의해 얻어진 2차원 연속 프레임들간의 거리를 정확히 추정함으로써 3차원 초음파 영상 형성시 발생되는 영상의 왜곡을 최소화하므로, 측정된 3차원 초음파 영상의 신뢰도를 향상시킨다.

또한, 본 발명에 따른 3차원 영상 형성 방법 및 시스템은 수동 주사 방식을 사용하기 때문에 종래의 기계적인 방법에서 환자와 진료자가 겪었던 사용상 불편한 문제를 해소하고 초음파 영상 기기의 생산비를 크게 낮출 수 있는 효과가 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

수동 주사로 얻어진 다수의 2차원 초음파 영상 프레임으로부터 3차원 초음파 영상을 형성하는 장치에 있어서,

대상체로 초음파 신호를 송신하고 상기 대상체로부터 반사된 초음파 신호를 수신하기 위한 다수의 변환소자를 포함하는 배열 변환자,

상기 배열 변환자에서 출력되는 초음파 신호에 소정의 시간지연을 주어 상기 초음파 신호를 수신집속하여 다수의 2차원 초음파 영상 프레임을 출력하는 초음파 신호 집속 수단,
상기 초음파 신호 집속 수단으로부터 출력되는 상기 다수의 2차원 초음파 영상 프레임을 3차원상에서 어긋남 없이 정렬하고 프레임간 거리가 균일하도록 보간하여 3차원 초음파 영상으로 변환하기 위한 영상 변환 수단, 및
상기 3차원 초음파 영상을 디스플레이하기 위한 표시수단을 포함하는 3차원 초음파 영상 형성 장치.

청구항 2.

제 1 항에 있어서, 상기 영상 변환 수단은
프레임간 상하와 좌우 움직임을 추정하여 상기 다수의 2차원 초음파 영상 프레임을 3차원상에서 어긋남 없이 정렬하는 평면 위치 수정부, 및
상기 정렬된 다수의 2차원 초음파 영상 프레임에서 인접한 두 개의 프레임들 간의 거리를 추정하여 프레임들간 거리가 균일하게 되도록 프레임 위치를 보간하는 프레임간 거리 추정부를 포함하는 3차원 초음파 영상 형성 장치.

청구항 3.

제 1 항에 있어서, 상기 초음파 신호 집속 수단은
상기 배열 변환자로부터 출력된 상기 초음파 신호를 소정 크기로 증폭하기 위한 전치 증폭기,
상기 전치 증폭기의 출력 신호를 입력받아 시간에 따른 이득을 변화시키면서 증폭하여 초음파 수신 거리에 따른 감쇄를 보상하기 위한 TGC(Time-Gain Compensation) 증폭기,
상기 배열변환자로부터 소정의 처리를 거친 신호들을 입력받아 각각 서로 다른 시간지연을 갖도록 한 뒤 모두 합산하여 측방향의 수신집속을 수행하기 위한 빔형성기, 및
상기 빔형성기의 출력신호를 입력받아 디지털신호로 변환하기 위한 A/D변환기를 포함하는 3차원 초음파 영상 형성 장치.

청구항 4.

제 2 항에 있어서, 상기 영상 변환 수단은
상기 균일하게 정렬된 다수의 2차원 영상 프레임으로부터 3차원 볼륨 정보를 얻기 위한 3차원 볼륨 구성부, 및
렌더링 처리를 통하여 3차원 영상을 구성하는 렌더링부를 더 포함하는 3차원 초음파 영상 형성 장치.

청구항 5.

제 2 항에 있어서, 상기 평면 위치 수정부는
상기 프레임을 각각 다수의 블록들로 나누어 각 블록별 움직임 벡터를 얻은 후, 구해진 움직임 벡터들 중에서 가장 빈도수가 높은 벡터를 이용하여 상기 프레임의 움직임 벡터를 산출하는 3차원 초음파 영상 형성 장치.

청구항 6.

제 5 항에 있어서, 상기 움직임 벡터의 산출은
상기 각 블록에 대해 쌍선형 보간 방법(bilinear interpolation)을 이용하여반화소 단위까지 매칭시키는 것을 특징으로 하는 3차원 초음파 영상 형성 장치.

청구항 7.

제 2 항에 있어서, 상기 프레임간 거리 추정부는
3차원 공간상의 Y-Z 평면상에서 측면 방향(Y축 방향)에서 구해진 측면거리 상관함수와 진행 방향(Z축 방향)에서 구해진 진행거리 상관함수가 국부적으로 등방성이라고 하여 상기 프레임 위치를 보간하는 3차원 초음파 영상 형성 장치.

청구항 8.

제 2 항에 있어서, 상기 프레임간 거리 추정부는
상기 프레임을 각각 다수의 블록들로 나누어 각 블록별 거리를 추정하고, 상기 추정된 블록별 거리의 평균값을 이용하여 상기 인접 프레임간 거리를 추정하는 3차원 초음파 영상 형성 장치.

청구항 9.

수동 주사로 얻어진 다수의 2차원 초음파 영상 프레임으로부터 3차원 초음파 영상을 형성하는 방법에 있어서,
대상체로 초음파 신호를 송신하고 상기 대상체로부터 반사된 초음파 신호를 수신하는 단계,
상기 반사된 초음파 신호에 소정의 시간지연을 주어 상기 초음파 신호를 수신집속하는 단계,
상기 다수의 2차원 초음파 영상 프레임을 3차원상에서 프레임간 거리가 균일하도록 보간하여 3차원 초음파 영상으로 변환하는 단계, 및
상기 3차원 초음파 영상을 디스플레이하는 단계를 포함하는 3차원 초음파 영상 형성 방법.

청구항 10.

제 9 항에 있어서, 상기 영상 변환 단계는
프레임간 상하와 좌우 움직임을 추정하여 상기 다수의 2차원 초음파 영상 프레임을 3차원상에서 어긋남 없이 정렬하는 단계, 및
상기 정렬된 다수의 2차원 초음파 영상 프레임에서 인접한 두 개의 프레임들 간의 거리를 추정하여 프레임간 거리가 균일하게 되도록 프레임 위치를 보간하는 단계를 포함하는 3차원 초음파 영상 형성 방법.

청구항 11.

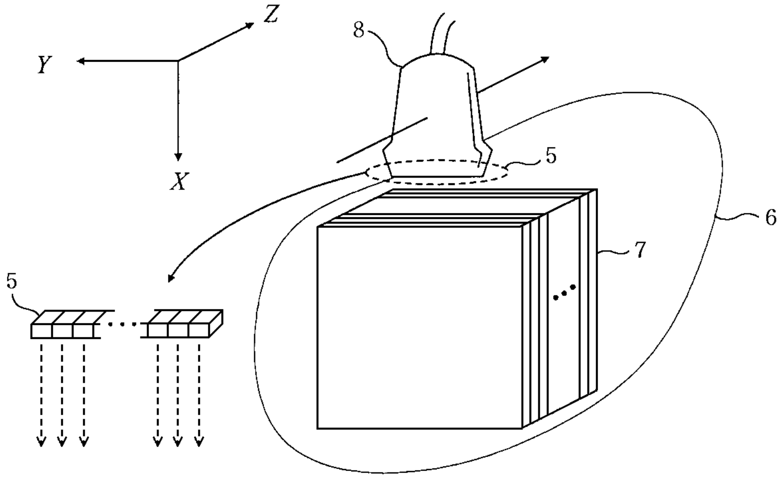
제 10 항에 있어서, 상기 프레임 정렬 단계는
상기 프레임을 각각 다수의 블록들로 나누어 각 블록별 움직임 벡터를 얻은 후, 구해진 움직임 벡터들 중에서 가장 빈도수가 높은 벡터를 이용하여 상기 프레 임의 움직임 벡터를 산출하는 3차원 초음파 영상 형성 방법.

청구항 12.
제 10 항에 있어서, 상기 프레임 위치 보간 단계는
3차원 공간상의 Y-Z 평면상에서 측면 방향(Y축 방향)에서 구해진 측면거리 상관함수와 진행 방향(Z축 방향)에서 구해진 진행거리 상관함수가 국부적으로 등방성이라고 하여 상기 프레임 위치를 보간하는 3차원 초음파 영상 형성 방법.

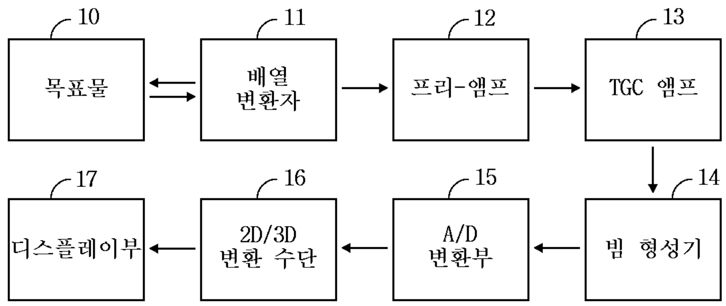
청구항 13.
제 10 항에 있어서, 상기 프레임 위치 보간 단계는
상기 프레임을 각각 다수의 블록들로 나누어 각 블록별 거리를 추정하고, 상기 추정된 블록별 거리의 평균값을 이용하여 상기 인접 프레임간 거리를 추정하는 3차원 초음파 영상 형성 방법.

도면

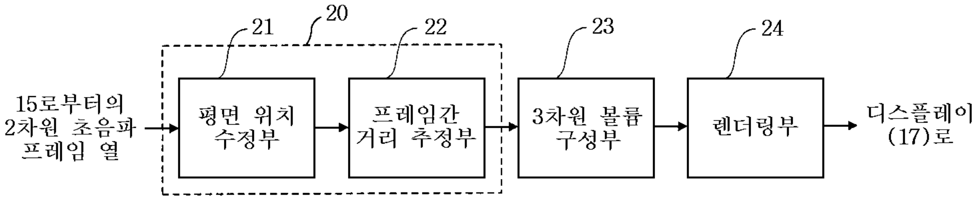
도면1



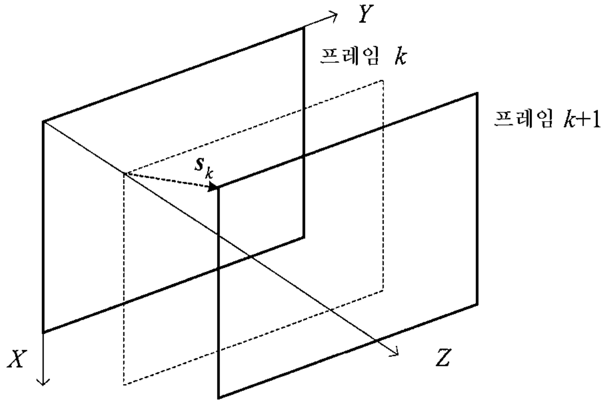
도면2



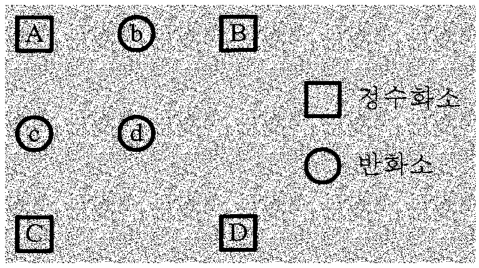
도면3



도면4

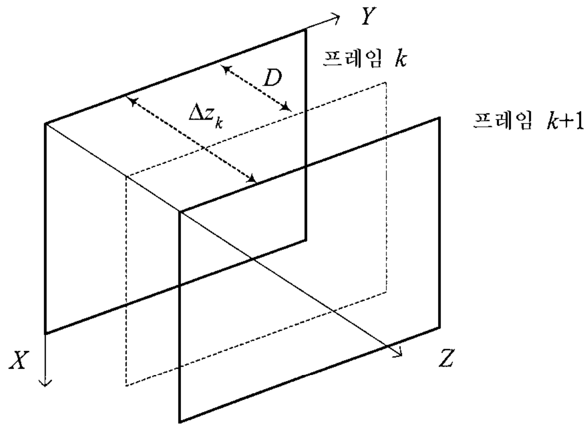


도면5

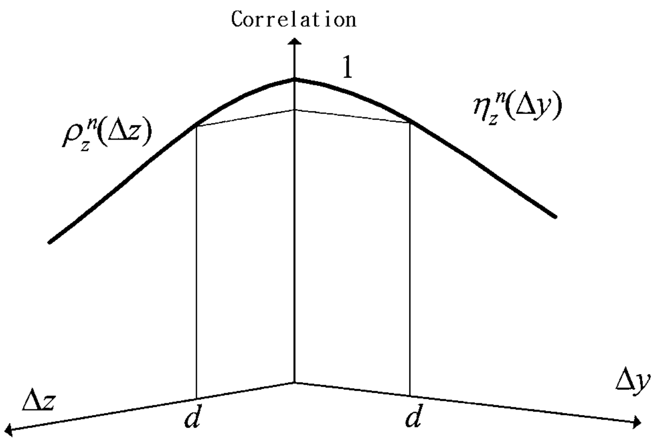


$$b=\frac{A+B}{2},\quad c=\frac{A+C}{2},\quad d=\frac{A+B+C+D}{4}$$

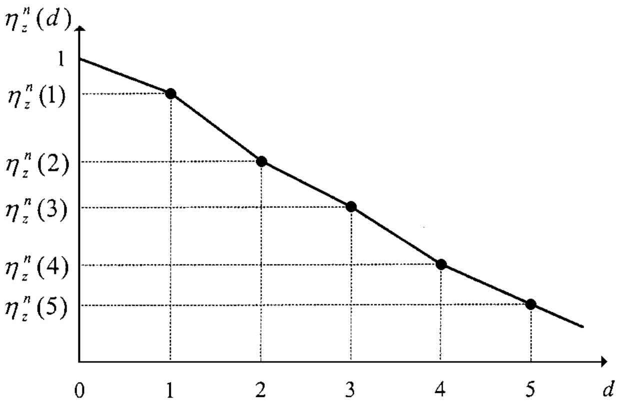
도면6



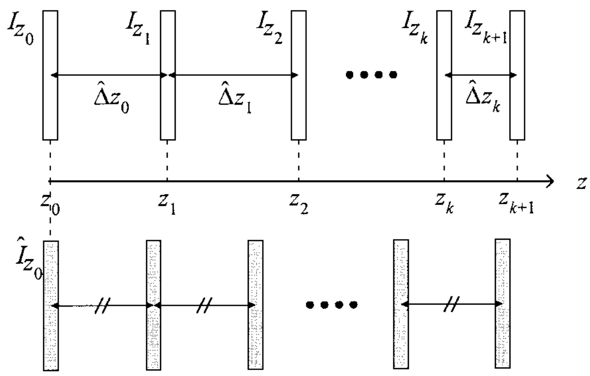
도면7



도면8


$\eta_z^n(d)$
1
$\eta_z^n(1)$
$\eta_z^n(2)$
$\eta_z^n(3)$
$\eta_z^n(4)$
$\eta_z^n(5)$
0
1
2
3
4
5
d

도면9


선형 보간 이전
I_{z_0}
I_{z_1}
I_{z_2}
I_{z_k}
$I_{z_{k+1}}$
$\hat{\Delta} z_0$
$\hat{\Delta} z_1$
$\hat{\Delta} z_k$
z
z_0
z_1
z_2
z_k
z_{k+1}
$\hat{I}_{z_0}$
선형 보간 이후

专利名称(译)	使用侧距离相关函数形成3D超声图像的方法和装置
公开(公告)号	KR100437974B1
公开(公告)日	2004-07-02
申请号	KR1020020026010
申请日	2002-05-11
[标]申请(专利权)人(译)	三星麦迪森株式会社
申请(专利权)人(译)	三星麦迪逊有限公司
当前申请(专利权)人(译)	三星麦迪逊有限公司
[标]发明人	KIM NAMCHUL 김남철 SO HYUNJOO 소현주 KIM SANGHYUN 김상현 LEE JUNHO 이준호
发明人	김남철 소현주 김상현 이준호
IPC分类号	A61B8/14 G06T15/00 G01S15/89 G01S7/52 G01N29/44 A61B8/00 G06T19/00 G06T13/40
CPC分类号	G01S7/52034 A61B8/14 A61B8/483 Y10S128/916 G01S15/8977 G01S15/8993
代理人(译)	CHANG, SOO KIL CHU，晟敏
其他公开文献	KR1020030088091A
外部链接	Espacenet

摘要(译)

在3D超声图像中的本发明，以减少所述图像的失真，其可以在形成过程中由精确地生成的三维超声波图像形成方法和装置，估计由手动扫描与所述横向距离相关函数获得的连续帧之间的二维的范围它涉及。 3D超声图像形成装置包括多个由所述2D超声图像帧，在三维空间中的距离之间的内插帧是均匀的，它包括的图像转换装置，用于3D超声图像转换，和所述图像转换装置包括帧之间上，下和左，右移动尺寸超声图像帧在三维图像中没有未对准并且估计有序数量的二维超声图像帧中的两个相邻帧之间的距离以估计帧位置之间的距离以及用于内插帧间距离的帧间距离估计器。假设侧距离相关函数是局部各向同性的，在由探头的前进轴和超声波传感器的阵列轴形成的平面上具有进度距离相关函数，帧之间的帧距离。 3 指数方面 超声波，三维，手动注射，距离估计