



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0022440
(43) 공개일자 2011년03월07일

(51) Int. Cl.

A61B 8/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0080037

(22) 출원일자 2009년08월27일

심사청구일자 2009년08월27일

(71) 출원인

서강대학교산학협력단

서울 마포구 신수동 1-1 서강대학교

(72) 발명자

송대경

서울특별시 서초구 잠원동 157 동아아파트
105-1403

이유화

경기도 고양시 덕양구 행신1동 샘터마을 111동
1103호

(74) 대리인

특허법인충현

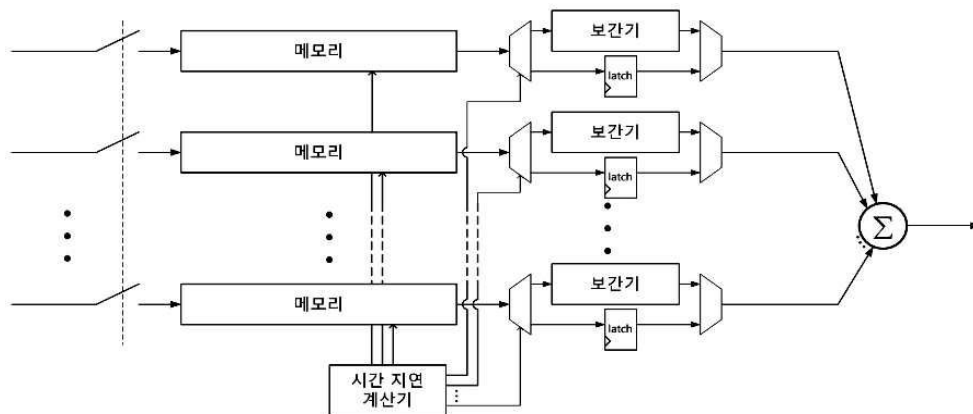
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 초음파 신호 빔포머 및 이를 이용한 빔포밍 방법

(57) 요약

본 발명은 초음파 신호 빔포머에 관한 것으로서 집속점으로부터 반사된 초음파 신호를 수신하는 배열 변환자가 갖는 중심 주파수의 N배(N은 자연수)의 샘플링 주파수로 초음파 신호를 샘플링하는 샘플링부; 샘플링부에서 샘플링된 초음파 신호를 저장하는 메모리부; 메모리부에 저장된 초음파 신호들 중에서 보간할 초음파 신호를 선택하기 위한 시간 지연값을 계산하는 시간 지연 계산부; 및 시간 지연값을 이용하여 메모리부로부터 선택된 초음파 신호를 고정된 보간 계수를 이용하여 변환하는 보간부를 포함하는 것을 특징으로 하며, 기존보다 높아지는 샘플링 주파수에 의하여 하드웨어 복잡도가 커지지만 본 발명에 적합한 구조를 제안하여 하드웨어 복잡도를 줄일 수 있다.

대표도 - 도15



특허청구의 범위

청구항 1

집속점으로부터 반사된 초음파 신호를 수신하는 배열 변환자가 갖는 중심 주파수의 N 배(N 은 자연수)의 샘플링 주파수로 상기 초음파 신호를 샘플링하는 샘플링부;

상기 샘플링부에서 샘플링된 초음파 신호를 저장하는 메모리부;

상기 메모리부에 저장된 초음파 신호들 중에서 보간할 초음파 신호를 선택하기 위한 시간 지연값을 계산하는 시간 지연 계산부; 및

상기 시간 지연값을 이용하여 상기 메모리부로부터 선택된 초음파 신호를 고정된 보간 계수를 이용하여 변환하는 보간부를 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파 신호 빔포머.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 보간부의 보간 계수는 하프밴드 필터(halfband filter)의 필터계수로부터 계산되는 것을 특징으로 하는 초음파 신호 빔포머.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 보간부는 상기 시간 지연값에 따라 상기 고정된 보간 계수를 이용하여 보간할 것인지 소정의 상수값을 사용하여 보간할 것인지 결정하는 것을 특징으로 하는 초음파 신호 빔포머.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 보간부로 입력되는 초음파 신호를 보간 계수를 이용하여 변환하기 전에 동일한 보간 계수를 이용하는 샘플링된 초음파 신호들을 가산하고, 상기 보간부는 상기 가산된 초음파 신호들에 대하여 보간하는 하나의 보간부로 구성되는 것을 특징으로 하는 초음파 신호 빔포머.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 샘플링된 초음파 신호들을 합하는 데 있어서,

상기 보간부에 포함된 필터의 차수 L 보다 레지스터를 하나 더 두고, 첫번째 레지스터부터 L 번째 레지스터까지의 레지스터 세트와 두번째 레지스터부터 $L+1$ 번째 레지스터까지의 레지스터 세트 중 멀티플렉서를 이용하여 하나를 선택하여 상기 샘플링된 초음파 신호들을 합하는 것을 특징으로 하는 초음파 신호 빔포머.

청구항 6

제 4항에 있어서,

상기 보간부의 시스템 클락은 상기 중심 주파수의 8배이고, 상기 보간부의 출력은 상기 중심 주파수의 4배인 경우, 상기 보간부는 한번의 시스템 클락마다 인접한 두 개의 샘플링 신호들 중 하나를 멀티플렉서로 선택하고, 1회 데이터 출력시 보간 계수가 적용된 2개의 샘플링 신호들을 가산하여 출력하는 것을 특징으로 하는 초음파 신호 빔포머.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 중심 주파수의 8배의 샘플링 주파수로 상기 초음파 신호를 샘플링하는 경우, 상기 샘플링한 데이터에 2배의 제로패딩(zero-padding)을 하는 제로 패딩부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파 신호 빔포머.

청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 시간 지연 계산부의 시스템 클락은 상기 중심 주파수의 8배이고, 상기 시간 지연 계산부의 출력은 상기 중심 주파수의 4배인 경우, 멀티플렉서를 이용하여 2번의 시스템 클락 동안 인접한 두 개의 변환자에 대응하는 시간 지연값을 계산하는 것을 특징으로 하는 초음파 신호 빔포머.

청구항 9

집속점으로부터 반사된 초음파 신호를 수신하는 배열 변환자가 갖는 중심 주파수의 N배(N은 자연수)의 샘플링 주파수로 상기 초음파 신호를 샘플링하는 단계;

상기 샘플링부에서 샘플링된 초음파 신호를 저장하는 단계;

상기 메모리부에 저장된 초음파 신호들 중에서 보간할 초음파 신호를 선택하기 위한 시간 지연값을 계산하는 단계; 및

상기 시간 지연값을 이용하여 상기 메모리부로부터 선택된 초음파 신호를 고정된 보간 계수를 이용하여 변환하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파 빔포밍 방법.

청구항 10

제 9 항의 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 초음파 신호 빔포머에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 종래보다 높은 샘플링 주파수를 이용하여 보간 오차를 줄임으로써, 높은 해상도를 제공하고, 이에 따른 하드웨어의 복잡도는 감소된 초음파 신호 빔포머에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 도 1은 배열 변환자를 이용한 송신 빔집속의 개념도이다.
- [0003] 빔집속은 초음파 영상의 측방향(Lateral Direction) 해상도 증가를 위해서 관찰하고자 하는 영상점을 통과하는 빔 폭을 줄여야 할 때 필요하다.
- [0004] 도 1과 같이 수신 동적 집속 기법에서 송신 시에는 배열 변환자가 초음파를 송신하는 시간을 다르게 하여 하나의 집속점에 모두 같은 시간에 초음파가 도달하게 함으로써 위상이 같은 상태로 더해지도록 한다. 따라서 이 집속점에서 초음파가 합쳐질 때 진폭이 최대가 되며 집속점 이외의 부분에서는 위상이 서로 상쇄되어 신호가 매우 약해진다.
- [0005] 도 2는 배열 변환자를 이용한 동적 수신 빔집속의 개념도이다.
- [0006] 도 1과 도 2를 참조하면, 수신 빔집속을 수행하는 기본적인 원리는 송신시의 빔집속과 동일하다. 원하는 집속점으로부터 반사되어 들어오는 초음파 신호는 각각의 배열 변환자에 서로 다른 시간에 도달하게 되는데 이런 신호들에 대하여 도달하는 시간 차이만큼 시간 지연 값을 보상한 후에 합하면 집속점으로부터 온 신호들 간의 위상이 일치하여 가장 큰 진폭을 갖는다.
- [0007] 수신 동적 빔집속 방법은 주사선상의 초음파가 진행하는 방향을 중심으로 하여 가까운 곳으로부터 먼 곳으로 이동해가며 가변시간지연을 조절함으로써 집속점을 동적으로 바꿔주는 방법으로 주사선상의 모든 영상점에 대하여 동적으로 집속할 수 있다. 이러한 수신 동적 빔집속 방법에서 높은 해상도의 초음파 영상을 얻기 위해서는 각 배열 변환자에 주는 가변시간지연 값을 배열 변환자 중심주파수(f_0)의 16배로(f_0) 샘플링하여 계산하여야 하지만 A/D 변환기(Analog to Digital Converter)의 성능과 집속에 사용되는 메모리의 크기 등을 고려하여 이보다 낮은

샘플링 주파수(sampling frequency)로 표본화한 다음 이를 보간하여 $16f_0$ 로 샘플링한 경우와 같도록 한 결과를 디지털 빔집속 시스템에서 사용하고 있다. 도 1 및 도 2에서 살펴본 수신 동적 집속 기법은 초음파를 송수신하여 빔을 집속함으로써 측방향 해상도를 증가시킨다.

[0008] 도 3은 수신 동적 빔집속 방법에서 사용되는 이상적인 빔포머 모델의 개념도이다.

[0009] 빔포머란 디지털 빔집속 시스템의 동적 집속을 위해서 샘플링된 초음파 수신 신호를 집속하고자 하는 위치에 따라 각 변환자별로 가변 시간 지연을 보상하여 합성하는 역할을 하는 장치이다. 높은 해상도의 영상을 얻기 위해 이러한 시간 지연 값은 변환자 중심 주파수(f_0)의 16배로($16f_0$) 표본화하여 계산되어야 한다. 현재 대부분의 빔집속 시스템은 수신 신호를 $4f_0$ 로 표본화한 뒤 $16f_0$ 의 시간 지연값을 갖도록 보간하는 방법을 사용하고 있다.

[0010] 도 3에서 보는 바와 같이 이상적인 빔포머는 각 배열 변환자가 수신한 신호를 배열 변환자별로 가변 시간 지연을 보상하여 합성한다. 합성된 신호는 다음의 수학적 식 1과 같이 계산된다.

수학적 식 1

$$b(t) = \sum_{n=1}^N a_n x_n(t - \tau_n(t))$$

[0011]

[0012] 여기서, N 은 합성하는 채널 수, a_n 은 apodization을 위한 계수, $x_n(t)$ 는 수신 신호, τ_n 은 가변 시간 지연을 의미한다.

[0013] 도 4는 수신 동적 빔집속 방법에서 사용되는 이상적인 빔포머 모델을 디지털 시스템으로 구현하기 위한 모델이다. 이때 합성된 신호는 다음의 수학적 식 2와 같이 계산된다.

수학적 식 2

$$b(kT_o) = \sum_{n=1}^N a_n x_n(kT_o - M_n T_i)$$

[0014]

[0015] 여기서 T_i 는 입력 샘플링 주기, T_o 는 출력 샘플링 주기를 의미하며 가변 시간 지연을 주기 위한 정수값 M_n 은 다음의 수학적 식 3과 같이 계산된다.

수학적 식 3

$$\tau_n - T_i / 2 < M_n T_i \leq \tau_n + T_i / 2$$

[0016]

[0017] 집속된 신호를 실시간으로 출력하기 위해 입력 신호를 저장하는 버퍼를 두어야 하며 이때 입력 버퍼는 M_n 의 최댓값보다 커야한다.

[0018] 도 5는 디지털 신호를 보간하는 장치를 나타낸 블록도이다. 디지털 신호를 보간하는 장치는 AD변환부(510), 제로패딩부(520), 및 보간부(530)로 구성된다.

[0019] AD 변환부(510)는 입력신호 $x(t)$ 를 샘플링하여 δ 간격으로 표본화된 데이터인 $x(m\delta)$ 를 출력한다.

[0020] 제로 패딩부(520)는 δ 간격으로 표본화한 데이터인 $x(m\delta)$ 를 Δ 간격으로 보간하기 위하여 0 삽입(zero padding)을 한 결과로 $v(m\Delta)$ 를 출력한다.

[0021] 보간부(530)는 0 삽입된 신호인 $v(m\Delta)$ 를 FIR(Finite Impulse Response) 필터를 이용하여 Δ 주기의 데이터로 보간한다.

[0022] 초음파 영상에서 수신 동적 집속을 하기 위하여 송신된 초음파 신호를 수신하여 표본화한 다음 각 배열 변환자에 가변 시간 지연을 주고 이를 더하여 에코 처리부(미도시)에 출력을 보낸다. 이때 높은 해상도를 위해서 시간

지연 값은 일반적으로 $16f_0$ 의 시간지연 해상도(delay resolution)를 요구한다. 수신된 신호를 $16f_0$ 의 샘플링 주파수로 표본화할 경우 고속 A/D 변환기 및 집속에 사용되는 많은 메모리 용량이 필요하다. 또한, 에코 처리부(미도시)와 디지털 주사선 변환기(미도시)에서 필요한 표본화 주파수는 Nyquist rate($4f_0$)이므로 수신된 신호를 Nyquist rate 이상으로 표본화한 다음 이를 보간하는 방식을 사용하고 있다.

- [0023] 도 6은 도 5의 보간부(530)가 보간하는 신호를 개념적으로 나타낸 것이다.
- [0024] 도 6을 참조하면, \times 는 샘플링된 신호를 나타내고, \circ 는 보간하여 집속할 신호를 나타낸다. 표본화된 신호, 보간하여 집속할 신호의 주기는 도 6에 도시된 바와 같으며 임의의 시간 지연 값 τ_n 을 $16f_0$ 의 시간지연 해상도로 주기 위하여 보간된 신호를 필요로 한다.
- [0025] 도 7은 도 5에 도시된 디지털 신호를 보간하는 장치의 입출력 신호가 갖는 주파수 성분을 나타낸 것이다.
- [0026] 도 7(a)는 $4f_0$ 의 샘플링 주파수를 갖는 입력 신호 $x(t)$ 의 주파수 성분을 나타낸 것이다.
- [0027] 도 7(b)는 보간부(530)에 포함되어 있는 필터의 주파수 성분을 나타낸 것이다. 보간부(530)에 포함되어 있는 필터는 통과대역 리플(passband ripple)과 저지대역 리플(stopband ripple)이 있는 필터이며, 필터의 차수가 높을수록 리플의 크기가 작아지게 된다.
- [0028] 도 7(c)는 제로 패딩부(520)가 AD 변환부(510)으로부터 수신한 신호에 0을 삽입한 신호의 주파수 성분을 나타낸 것이다. $4f_0$ 의 샘플링 주파수에서 샘플링한 데이터를 $16f_0$ 의 샘플링 주파수에서 샘플링한 데이터와 같도록 하기 위해 0을 삽입하면, 3개의 이미지가 추가로 생긴다.
- [0029] 도 7(d)는 도 7(c)의 신호가 도 7(b)로 표현되는 필터를 통과한 후의 신호를 주파수 측면에서 나타낸 것이다. 즉, 보간부(530)를 통과한 신호의 주파수 성분을 나타낸 것이다. 보간부(530)에 포함되어 있는 필터의 성능에 따라 입력 신호의 왜곡과 이미지 성분에 왜곡이 생겨 도 7(a)와 도 7(d)의 비교로부터 알 수 있듯이 원래 입력 신호와 보간부(530)의 출력신호 사이에 오차가 발생하게 된다. 필터의 사양이 좋거나 이미지 성분이 적을수록 오차가 줄어들게 되지만 필터의 사양은 필터의 차수와 비례하므로 좋은 필터를 구현하려면 높은 하드웨어 복잡도를 요구하게 된다. 이미지 성분 역시 보간율이 낮을수록 적는데, 표본화율이 높을수록 보간율이 작아지게 되고 고속화된 시스템을 요구하게 된다. 표본화율이 높다는 것은 샘플링 주파수가 높다는 것을 의미하고 그 결과 보간율은 작아진다.
- [0030] 이상에서 살펴본 바와 같이 종래에는 $4f_0$ 의 샘플링 주파수를 가지고 $16f_0$ 의 샘플링 주파수의 시간지연 해상도를 갖기 위해 제로 패딩과 보간하는 과정에서 신호의 왜곡과 이미지 성분에 의한 왜곡이 존재하는 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결 하고자 하는 과제

- [0031] 따라서 본 발명이 해결하고자 하는 첫 번째 과제는 보간 오차를 줄이면서 하드웨어의 복잡도를 감소시킬 수 있는 초음파 신호 빔포머를 제공하는 것이다.
- [0032] 본 발명이 해결하고자 하는 두 번째 과제는 보간 오차를 줄이면서 하드웨어의 복잡도를 감소시킬 수 있는 초음파 신호 빔포밍 방법을 제공하는 것이다.

과제 해결수단

- [0033] 본 발명은 상기 첫 번째 과제를 달성하기 위하여, 집속점으로부터 반사된 초음파 신호를 수신하는 배열 변환자가 갖는 중심 주파수의 N배(N은 자연수)의 샘플링 주파수로 상기 초음파 신호를 샘플링하는 샘플링부; 상기 샘플링부에서 샘플링된 초음파 신호를 저장하는 메모리부; 상기 메모리부에 저장된 초음파 신호들 중에서 보간할 초음파 신호를 선택하기 위한 시간 지연값을 계산하는 시간 지연 계산부; 및 상기 시간 지연값을 이용하여 상기 메모리부로부터 선택된 초음파 신호를 고정된 보간 계수를 이용하여 변환하는 보간부를 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파 신호 빔포머를 제공한다.
- [0034] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 보간부의 보간 계수는 하프밴드 필터(halfband filter)의 필터계수로부터

계산될 수 있다.

- [0035] 또한, 상기 보간부는 상기 시간 지연값에 따라 상기 고정된 보간 계수를 이용하여 보간할 것인지 소정의 상수값을 사용하여 보간할 것인지 결정할 수 있다.
- [0036] 본 발명의 다른 실시예에 의하면, 상기 보간부로 입력되는 초음파 신호를 보간 계수를 이용하여 변환하기 전에 동일한 보간 계수를 이용하는 샘플링된 초음파 신호들을 가산하고, 상기 보간부는 상기 가산된 초음파 신호들에 대하여 보간하는 하나의 보간부로 구성할 수 있다.
- [0037] 또한, 상기 샘플링된 초음파 신호들을 합하는 데 있어서, 상기 보간부에 포함된 필터의 차수 L보다 레지스터를 하나 더 두고, 첫번째 레지스터부터 L번째 레지스터까지의 레지스터 세트와 두번째 레지스터부터 L+1번째 레지스터까지의 레지스터 세트 중 멀티플렉서를 이용하여 하나를 선택하여 상기 샘플링된 초음파 신호들을 합할 수 있다.
- [0038] 본 발명의 또 다른 실시예에 의하면, 상기 보간부의 시스템 클락은 상기 중심 주파수의 8배이고, 상기 보간부의 출력은 상기 중심 주파수의 4배인 경우, 상기 보간부는 한번의 시스템 클락마다 인접한 두 개의 샘플링 신호들 중 하나를 멀티플렉서로 선택하고, 1회 데이터 출력시 보간 계수가 적용된 2개의 샘플링 신호들을 가산하여 출력할 수 있다.
- [0039] 또한, 상기 중심 주파수의 8배의 샘플링 주파수로 상기 초음파 신호를 샘플링하는 경우, 상기 샘플링한 데이터에 2배의 제로패딩(zero-padding)을 하는 제로 패딩부를 더 포함할 수 있다.
- [0040] 또한, 상기 시간 지연 계산부의 시스템 클락은 상기 중심 주파수의 8배이고, 상기 시간 지연 계산부의 출력은 상기 중심 주파수의 4배인 경우, 멀티플렉서를 이용하여 2번의 시스템 클락 동안 인접한 두 개의 변환자에 대응하는 시간 지연값을 계산할 수 있다.
- [0041] 본 발명은 상기 두 번째 과제를 달성하기 위하여, 집속점으로부터 반사된 초음파 신호를 수신하는 배열 변환자가 갖는 중심 주파수의 N배(N은 자연수)의 샘플링 주파수로 상기 초음파 신호를 샘플링하는 단계; 상기 샘플링부에서 샘플링된 초음파 신호를 저장하는 단계; 상기 메모리부에 저장된 초음파 신호들 중에서 보간할 초음파 신호를 선택하기 위한 시간 지연값을 계산하는 단계; 및 상기 시간 지연값을 이용하여 상기 메모리부로부터 선택된 초음파 신호를 고정된 보간 계수를 이용하여 변환하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파 빔포밍 방법을 제공한다.

효 과

- [0042] 본 발명에 따르면, 기존보다 높아지는 샘플링 주파수에 의하여 하드웨어 복잡도가 커지지만 본 발명에 적합한 구조를 제안하여 하드웨어 복잡도를 줄일 수 있다. 또한 본 발명에 따르면 채널 수에 상관없이 하나의 보간기만을 사용하여 시간지연 해상도를 만족시킬 수 있다. 나아가 본 발명에 따르면, 시간지연 계산기의 경우 시분할 방법을 이용하여 하드웨어 복잡도를 절반으로 줄일 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0043] 이하, 본 발명을 상세하게 설명한다.
- [0044] 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 빔포머는 집속점으로부터 반사된 초음파 신호를 수신하는 배열 변환자가 갖는 중심 주파수의 N배(N은 자연수)의 샘플링 주파수로 상기 초음파 신호를 샘플링하는 샘플링부; 상기 샘플링부에서 샘플링된 초음파 신호를 저장하는 메모리부; 상기 메모리부에 저장된 초음파 신호들 중에서 보간할 초음파 신호를 선택하기 위한 시간 지연값을 계산하는 시간 지연 계산부; 및 상기 시간 지연값을 이용하여 상기 메모리부로부터 선택된 초음파 신호를 고정된 보간 계수를 이용하여 변환하는 보간부를 포함한다. 고정된 보간 계수를 이용함으로써, 하나의 보간기만을 사용할 수 있어 하드웨어 복잡도를 감소시키는 효과가 있다.
- [0045] 이하, 바람직한 실시예를 들어 본 발명을 더욱 상세하게 설명한다. 그러나 이들 실시예는 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명의 범위가 이에 의하여 제한되지 않는다는 것은 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 자명할 것이다.
- [0046] 본 발명의 일 실시예에 따른 빔집속 방법은 기존의 방식보다 높은 표본화 주파수로 샘플링하기 때문에 높은 시스템 클락(system clock)으로 동작하는 고속화된 하드웨어를 필요로 한다. 또한 고속화된 하드웨어는 높은 하드웨어 복잡도를 의미하며, 이러한 복잡도를 감소시키기 위해 본 발명의 일 실시예에서는 고속 표본화 빔포머의

특성에 맞춰 기존의 빔포머와 비슷한 하드웨어 복잡도를 갖는 빔포머를 설명하기로 한다.

- [0047] 도 8은 $4f_0$ 의 샘플링 주파수에서의 보간 빔집속 방식을 나타낸 것이다.
- [0048] 도 8에 도시된 보간 빔집속 방식은 수신된 신호를 $4f_0$ 의 샘플링 주파수로 표본화하고, 이를 4배 보간하여 $16f_0$ 의 세밀한 시간지연을 준 다음 4배 데시메이션(decimation)하여 최종 출력은 $4f_0$ 의 출력율을 갖는다.
- [0049] 도 9는 도 8에 도시된 보간 빔집속 방식을 수행하기 위한 빔포머의 개념도를 나타낸 것이다.
- [0050] 도 9를 참조하면, $4f_0$ 의 시간 지연 값을 갖는 coarse delay를 준 다음 이를 보간하여 이보다 세밀한 시간 지연 값을 fine delay를 주어 최종적으로 더해준다. 입력되는 데이터가 $4f_0$ 의 샘플링 주파수를 가지며 전체 시스템 클럭(system clock)은 입력 샘플링 주파수와 같다.
- [0051] 도 10(a)는 $4f_0$ 의 샘플링 주파수를 갖는 보간 빔포머의 전체 구조를 나타낸 것이다. 도 10(b)는 보간 빔포머의 전체 구조 중 한 채널에 대응하는 빔포머의 상세구조를 나타낸 것이다.
- [0052] 시간지연 계산기를 이용하여 coarse delay를 계산하고, 메모리에 저장된 데이터 중에서 보간할 데이터를 얻는다. 메모리에서 출력된 데이터를 4배 보간하여 fine delay의 지연 값을 주기 위해 4개의 페이즈(phase) 중 하나를 선택한 다음 선택한 페이즈에 맞게 보간기 필터 계수를 바꾸어 원하는 데이터를 얻은 다음 더함으로써, 최종 초음파 영상점 데이터를 얻을 수 있다.
- [0053] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 $8f_0$ 의 샘플링 주파수에서의 보간 빔집속 방식을 나타낸 것이다.
- [0054] $8f_0$ 의 샘플링 주파수로 표본화된 신호를 2배 보간하여 $16f_0$ 의 샘플링 주파수의 데이터를 얻은 후 시간지연을 주고 4배 데시메이션하여 출력한다. 본 발명의 일 실시예에 따른 보간 빔집속 방식에서는 보간하기 위하여 π 에 위치한 이미지 성분만을 제거하므로 half-band filter를 사용할 수 있다.
- [0055] 도 12는 보간 빔집속 방식에서 사용하는 기존의 필터 사양과 본 발명의 일 실시예에서 사용하는 half-band filter의 사양을 비교한 도면이다.
- [0056] 도 12(a)는 기존의 일반적인 보간 빔집속 방식에서 사용하는 필터 사양을 나타내고, 도 12(b)는 본 발명의 일 실시예에 따른 half-band filter의 사양을 나타낸다.
- [0057] 도 12(a)의 경우 이미지 성분을 제거하고 앨리어싱(aliasing)이 생기지 않도록 하는 필터의 중심 주파수가 $\omega = 0.25\pi$ 이다. 그러나 패스밴드(passband)와 스톱밴드(stopband) 사이의 전이구간(transition)의 크기 왜곡과 앨리어싱 때문에 오차가 발생한다. 반면 도 12(b)를 참조하면 본 발명의 일 실시예에 따른 half-band 필터는 제거할 이미지 성분이 넓은 전이 구간 내에 존재하므로 오차가 작아지게 된다.
- [0058] Half-band filter는 다음의 수학적 식 4와 같이 설계하며, 도 12와 같이 중심을 제외한 $2n$ 번째 필터 계수는 0인 특징을 갖는다.

수학적 식 4

$$H(z) = c + z^{-1}E_1(z^2)$$

$$h(2n) = \begin{cases} c & n = 0 \\ 0 & otherwise \end{cases}$$

- [0059]
- [0060] 도 13는 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 신호 빔집속을 위한 빔포머에 사용되는 필터의 특성을 나타낸 것이다. 도 13는 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 신호 빔집속을 위한 빔포머에 사용되는 필터의 예이며, 이때 필터 차수는 16이고, w_p 는 0.3π , w_s 는 0.7π 인 등리플 필터(equiripple filter)이다.

- [0061] 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 신호 빔집속을 위한 빔포머에 사용되는 필터의 필터계수와 이에 대응하는 $8f_0$ 의 샘플링 주파수의 데이터를 도시한 것이다.
- [0062] 도 13 및 도 14를 참조하면, $4f_0$ 의 샘플링 주파수로 샘플링된 데이터에 2배 제로 패딩을 하고, 2배 제로 패딩된 데이터에 half-band filter를 사용하여 보간하는 경우, 2개의 페이즈 중 첫번째 페이즈(도 14(b))는 중심 데이터에 하나의 상수만 곱한 값으로 복원된 데이터를 구할 수 있으며, 두번째 페이즈(도 14(c))는 하나의 필터 계수 세트만으로 보간이 가능하다. 즉, 첫번째 페이즈는 곱셈기 하나로 보간 오차 없는 신호의 복원이 가능하고, 두번째 페이즈는 고정된 하나의 필터 계수 세트에 보간이 가능함을 알 수 있다. 이와 같은 특성으로부터 $8f_0$ 의 샘플링 주파수의 데이터를 이용하여 초음파 신호 빔집속을 하는 경우 하드웨어 구조를 간단히 할 수 있다.
- [0063] 도 15는 도 10에 도시된 보간 빔포머의 구조를 본 발명의 일 실시예에 따라 간략화한 구조를 나타낸 것이다.
- [0064] 도 14에서 살펴본 바와 같이 첫번째 페이즈는 입력 데이터에 상수 값을 곱하면 계산되고, 두번째 페이즈는 하나의 필터 계수 세트를 사용하여 보간하거나 상수 값을 곱한 입력 데이터를 가져오면 계산되기 때문에 멀티플렉서를 사용하여 데이터 경로(path)를 정해준다. 멀티플렉서는 시간 지연 계산기의 시간 지연 계산 값에 의하여 데이터 경로를 선택한다.
- [0065] 도 16은 도 10에 도시된 보간 빔포머의 구조를 본 발명의 다른 실시예에 따라 간략화한 구조를 나타낸 것이다.
- [0066] 도 15에서 살펴본 바와 같이 본 발명에 따른 빔집속 방식에서는 하나의 고정된 필터계수 세트를 필요로 하기 때문에 필터 계수에 의해 결정되는 보간 계수를 바꾸지 않고 고정할 수 있다. 그러므로 도 16에 도시된 바와 같이 서브샘 블록(subsum block)은 보간할 데이터 값을 미리 더한 다음 더해진 결과를 보간기의 입력으로 사용한다. 서브샘 블록에서 각 필터 계수마다 곱해줄 데이터를 미리 더해준 다음 보간기를 이용하여 보간한다. 이와 같이 서브샘 블록으로 간략화할 수 있는 이유는 도 15에 도시된 보간기의 보간계수들이 하나로 고정될 수 있기 때문이다. 도 16에 도시된 보간 빔포머의 구조에서는 채널 수에 상관없이 하나의 보간기만으로 보간할 수 있으므로 하드웨어 복잡도를 줄일 수 있다.
- [0067] 도 17은 도 16에 도시된 서브샘 블록의 상세도를 나타낸 것이다.
- [0068] 도 17의 서브샘 블록에 입력되는 데이터는 $8f_0$ 의 데이터율(data rate)을 가지지만 출력되는 데이터는 $4f_0$ 의 데이터율을 가지므로 도 17과 같이 필터의 차수보다 레지스터(register)를 하나 더 두어 두 개의 세트 중 멀티플렉서를 통하여 하나의 세트를 선택한다. 도 17의 각 채널별 N번째 레지스터의 값과 N+1번째 레지스터의 값 중에서 멀티플렉서를 이용하여 하나를 선택하고, 각 채널별로 선택된 값을 합산하여 P_1, P_2, \dots, P_N 을 계산한다.
- [0069] 도 18은 도 16에 도시된 보간기의 상세도를 나타낸 것이다.
- [0070] 도 16을 참조하면, 보간기는 서브샘 블록으로부터 P_1, P_2, \dots, P_N 을 입력받는다. 전체 시스템 클락은 $8f_0$ 이지만 보간기의 출력은 $4f_0$ 간격이므로 도 18과 같이 보간기를 시분할방법(time sharing)을 사용하여 하나의 데이터 출력에 두 개 채널의 데이터에 대한 보간기 곱셈이 포함된다. 예를 들어, P_1, P_2 를 멀티플렉서의 입력으로 하고, 각각의 입력에 대응하는 보간 계수를 c_1, c_2 라고 하면, 전체 시스템 클락이 $8f_0$ 로 보간기의 출력인 $4f_0$ 보다 2배가 빠르므로, 보간기의 출력값은 P_1 과 P_2 를 각각 한번씩 멀티플렉서로 선택하여 보간 계수를 적용한 후 합산하여 출력할 수 있다. 이와 같은 방법으로 보간기의 곱셈기 수를 반으로 줄일 수 있다.
- [0071] 도 19는 도 16에 도시된 시간 지연 계산기의 구조를 나타낸 것이다.
- [0072] 시간지연 계산기는 빔포머에서 큰 하드웨어 복잡도를 차지하는 부분이다. 다음의 수학식 5와 같이 구하는 시간지연 계산 값은 각 채널별로 곱셈기 4개와 루트 연산기 1개를 필요로 한다.

수학식 5

$$\tau_n = \frac{\sqrt{(dy_n + R_0 \sin \theta)^2 + (dx_n + R_0 \cos \theta)^2} - R_0}{c}$$

[0073]

[0074] 여기서 y_n 은 각 변환자의 y 축 거리, x_n 은 각 변환자의 x 축 거리, θ 는 편향각, R_0 는 중심점과 집속점 사이의 거리, c 는 인체 내에서의 초음파 속도를 나타낸다. 가변 시간 지연을 주기 위한 정수값 M_n 의 최대값은 다음의 수학적 식 6과 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 6

$$MAX(M_n) = [\tau_{max} \times f_i]$$

[0075] 최대 시간 지연 값 τ_{max} 는 표본화 주파수와 독립적이지만 M_n 은 f_i (입력 샘플링 주파수)에 비례하므로 본 발명의 일 실시예에 따른 빔포머의 경우 기존의 빔포머에 비하여 2배의 입력 버퍼를 필요로 한다. 일반적인 고성능 초음파 시스템 사양의 경우 64채널을 사용하고, 선형 변환자의 변환자간 폭이 약 0.3mm이며 본 발명의 일 실시예에 따른 표본화 주파수를 80MHz라고 가정할 때 최대 M_n 의 값은 약 512다. A/D 변환기의 입력이 10bit이라고 한다면 본 발명의 일 실시예에 따른 빔포머의 필요한 최소 메모리 용량은 (약 300Kbits)가 된다. 현재 낮은 사양의 저가형 FPGA인 Spartan의 경우 1.8Mbits의 메모리를 지원하므로 늘어난 메모리 용량은 구현하는 데 큰 제약조건이 되지 않는다.

[0077] 도 19에 도시된 빔포머 구조에서는 시간지연 계산 값이 $4f_0$ 의 간격으로 필요하지만 시스템 클락은 $8f_0$ 이므로 도 19과 같이 멀티플렉서를 두어 시분할 방법을 사용한다. 즉, 시스템 클락이 2번 지나갈 동안 X_n 과 X_{n+1} 를 한번씩 Y_n 과 Y_{n+1} 를 한번씩 선택함으로써, $4f_0$ 의 출력을 갖는다. 시간지연 계산기에 멀티플렉서를 추가함으로써, 하드웨어 복잡도는 반으로 줄어든다.

[0078] 도 20는 시간 지연 계산기가 시간 지연 값을 구하기 위한 빔집속 모형을 나타낸 것이다. 도 20는 수학적 식 5에서 τ_n 을 결정하는 계산식을 도출하기 위한 빔집속 모형을 나타낸다.

[0079] 기존의 보간 빔포머와 본 발명에 따른 보간 빔포머의 하드웨어 복잡도는 표 1과 같이 정리할 수 있으며 N_E 는 채널수, N_C 는 필터의 차수를 의미한다.

표 1

		일반적인 보간 빔포머	고속표본화 빔포머
보간기	곱셈기	$N_E \times N_C$	$\frac{N_C}{4}$
시간지연 계산기	곱셈기	$4 \times N_E$	$\frac{4 \times N_E}{2}$
	루트연산기	N_E	$\frac{N_E}{2}$

[0080]

[0081] 본 발명에 따른 보간 빔포머의 보간기의 곱셈기는 half-band filter를 사용하며 시분할 방법을 사용하고 보간기를 통과하기에 앞서 서브샘플 블럭을 이용하여 데이터를 미리 더하여 주어 하드웨어 복잡도를 줄였다. 이는 채널수와 관계가 없으며 고정된 계수를 사용하기 때문에 곱셈기를 최적화시킬 수 있으므로 곱셈기의 복잡도를 더 줄일 수 있을 것으로 기대된다. 시간 지연 계산기의 경우도 시분할방법을 통하여 기존의 방식보다 절반 정도의 하드웨어 복잡도를 줄일 수 있다.

[0082] 도 21 내지 도 23은 필터 차수($N=16, 32, 64$)에 따른 기존의 일반적인 빔집속 방식의 보간 필터와 본 발명의 일 실시예에 따른 빔집속 방식의 보간 필터의 주파수 응답을 비교한 그래프이다. 도 21은 필터 차수가 16일 때의 보간 필터 주파수 응답을 비교한 그래프이고, 도 22는 필터 차수가 32일 때의 보간 필터 주파수 응답을 비교한 그래프이며, 도 23은 필터 차수가 64일 때의 보간 필터 주파수 응답을 비교한 그래프이다.

[0083] 표 2는 도 21 내지 도 23에 도시된 δ_s (저지대역 리플의 최대값)을 비교한 것이다. 모든 필터차수에서 본 발명의 일 실시예에 따른 빔집속 방식의 보간 필터의 성능이 우수함을 확인할 수 있다.

표 2

필터 차수	일반적인	고속표본화
	보간 빔집속	빔집속
N = 16	20	58
N = 32	33	107
N = 64	58	170

[0084]

[0085] 한편, 상술한 본 발명의 실시예들은 컴퓨터에서 실행될 수 있는 프로그램으로 작성가능하고, 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 이용하여 상기 프로그램을 동작시키는 범용 디지털 컴퓨터에서 구현될 수 있다. 또한, 상술한 본 발명의 실시예에서 사용된 데이터의 구조는 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 여러 수단을 통하여 기록될 수 있다.

[0086] 상기 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체는 마그네틱 저장매체(예를 들면, 롬, 플로피 디스크, 하드 디스크 등), 광학적 판독 매체(예를 들면, 시디롬, 디브이디 등) 및 캐리어 웨이브(예를 들면, 인터넷을 통한 전송)와 같은 저장매체를 포함한다.

[0087] 이제까지 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면의 간단한 설명

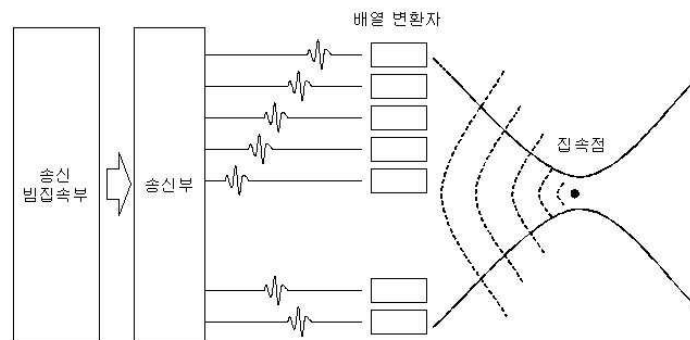
- [0088] 도 1은 배열 변환자를 이용한 송신 빔집속의 개념도이다.
- [0089] 도 2는 배열 변환자를 이용한 동적 수신 빔집속의 개념도이다.
- [0090] 도 3은 수신 동적 빔집속 방법에서 사용되는 이상적인 빔포머 모델의 개념도이다.
- [0091] 도 4는 수신 동적 빔집속 방법에서 사용되는 이상적인 빔포머 모델을 디지털 시스템으로 구현하기 위한 모델이다.
- [0092] 도 5는 디지털 신호를 보간하는 장치를 나타낸 블록도이다.
- [0093] 도 6은 도 5의 보간부(530)가 보간하는 신호를 개념적으로 나타낸 것이다.
- [0094] 도 7은 도 5에 도시된 디지털 신호를 보간하는 장치의 입출력 신호가 갖는 주파수 성분을 나타낸 것이다.
- [0095] 도 8은 $4f_0$ 의 샘플링 주파수에서의 보간 빔집속 방식을 나타낸 것이다.
- [0096] 도 9는 도 8에 도시된 보간 빔집속 방식을 수행하기 위한 빔포머의 개념도를 나타낸 것이다.
- [0097] 도 10(a)는 $4f_0$ 의 샘플링 주파수를 갖는 보간 빔포머의 전체 구조를 나타낸 것이다.
- [0098] 도 10(b)는 보간 빔포머의 전체 구조 중 한 채널에 대응하는 빔포머의 상세구조를 나타낸 것이다.
- [0099] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 $8f_0$ 의 샘플링 주파수에서의 보간 빔집속 방식을 나타낸 것이다.
- [0100] 도 12는 보간 빔집속 방식에서 사용하는 기존의 필터 사양과 본 발명의 일 실시예에서 사용하는 half-band filter의 사양을 비교한 도면이다.
- [0101] 도 13는 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 신호 빔집속을 위한 빔포머에 사용되는 필터의 특성을 나타낸 것이

다.

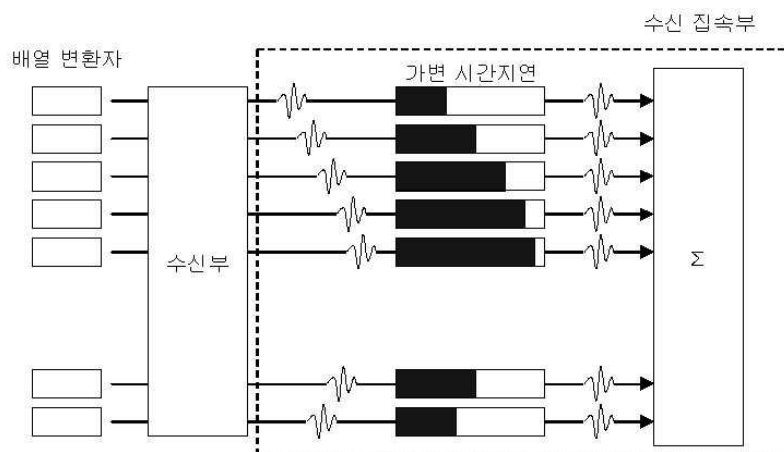
- [0102] 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파 신호 빔집속을 위한 빔포머에 사용되는 필터의 필터계수와 이에 대응하는 $8f_0$ 의 샘플링 주파수의 데이터를 도시한 것이다.
- [0103] 도 15는 도 10에 도시된 보간 빔포머의 구조를 본 발명의 일 실시예에 따라 간략화한 구조를 나타낸 것이다.
- [0104] 도 16은 도 10에 도시된 보간 빔포머의 구조를 본 발명의 다른 실시예에 따라 간략화한 구조를 나타낸 것이다.
- [0105] 도 17은 도 16에 도시된 서브셋 블럭의 상세도를 나타낸 것이다.
- [0106] 도 18은 도 16에 도시된 보간기의 상세도를 나타낸 것이다.
- [0107] 도 19는 도 16에 도시된 시간 지연 계산기의 구조를 나타낸 것이다.
- [0108] 도 20는 시간 지연 계산기가 시간 지연 값을 구하기 위한 빔집속 모형을 나타낸 것이다.
- [0109] 도 21 내지 도 23은 필터 차수($N=16, 32, 64$)에 따른 기존의 일반적인 빔집속 방식의 보간 필터와 본 발명의 일 실시예에 따른 빔집속 방식의 보간 필터의 주파수 응답을 비교한 그래프이다.

도면

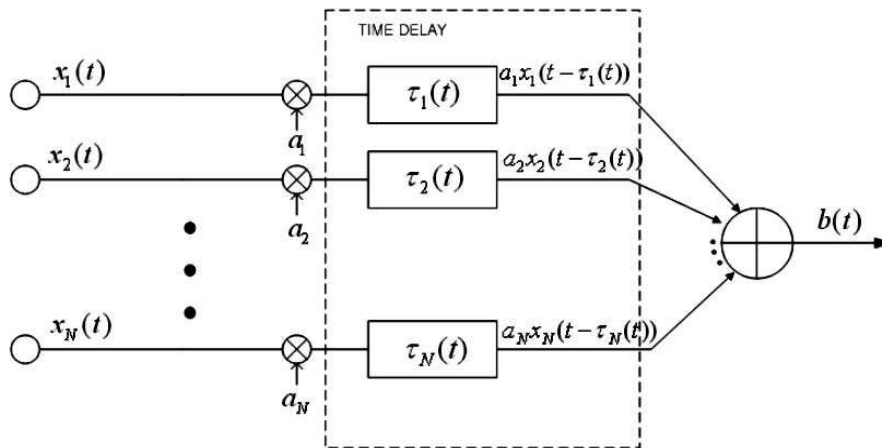
도면1



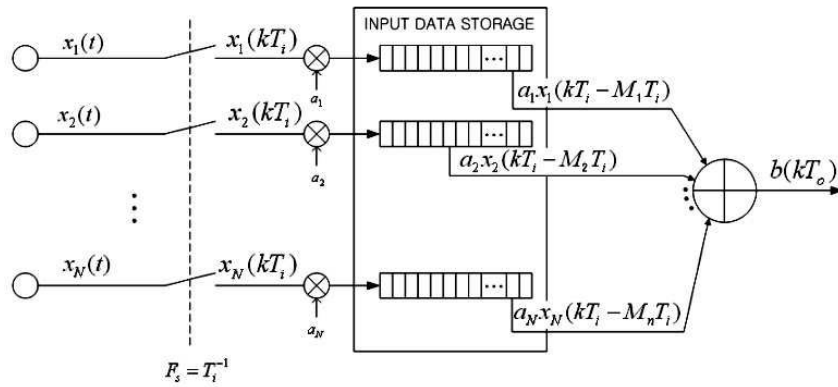
도면2



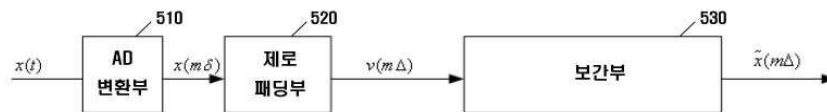
도면3



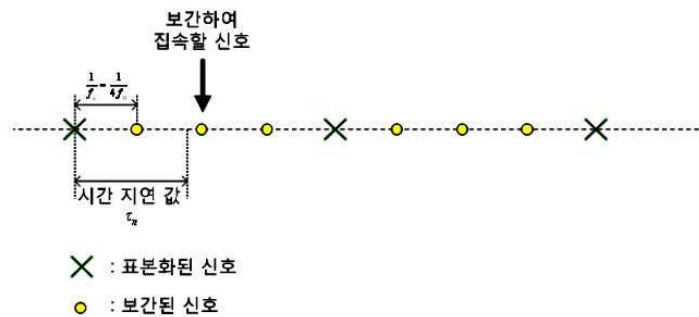
도면4



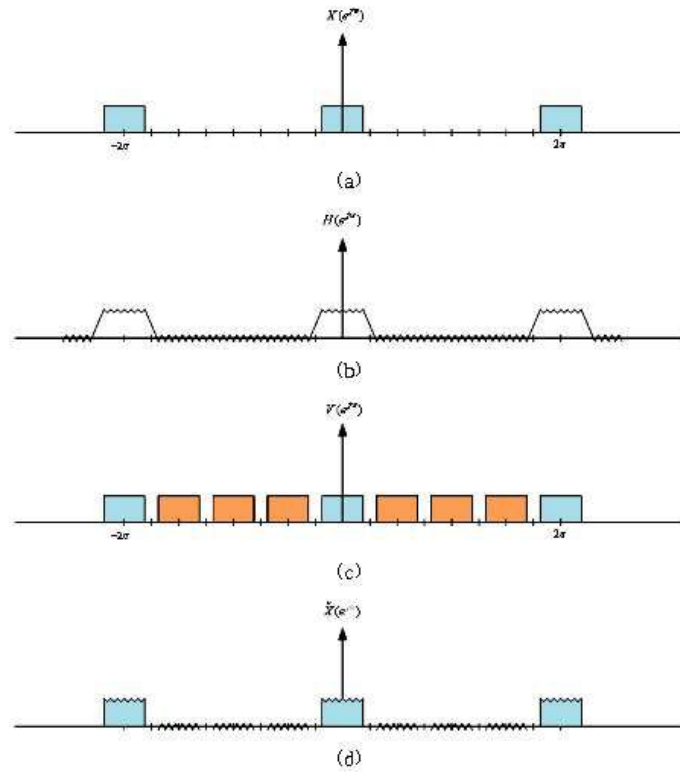
도면5



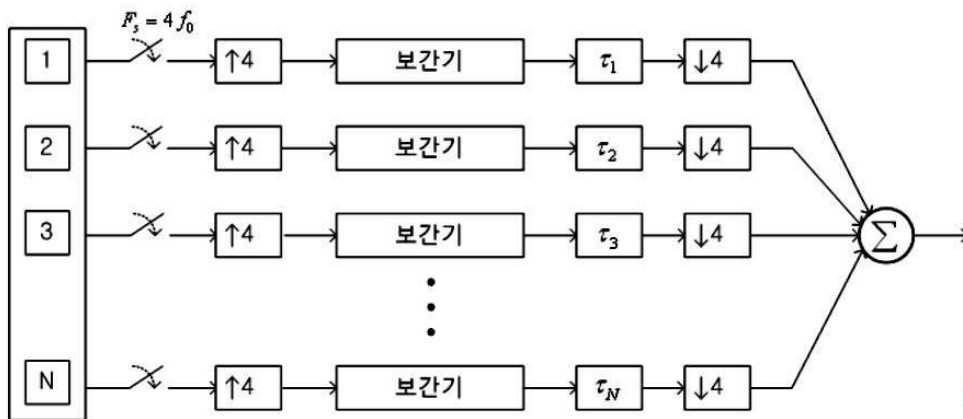
도면6



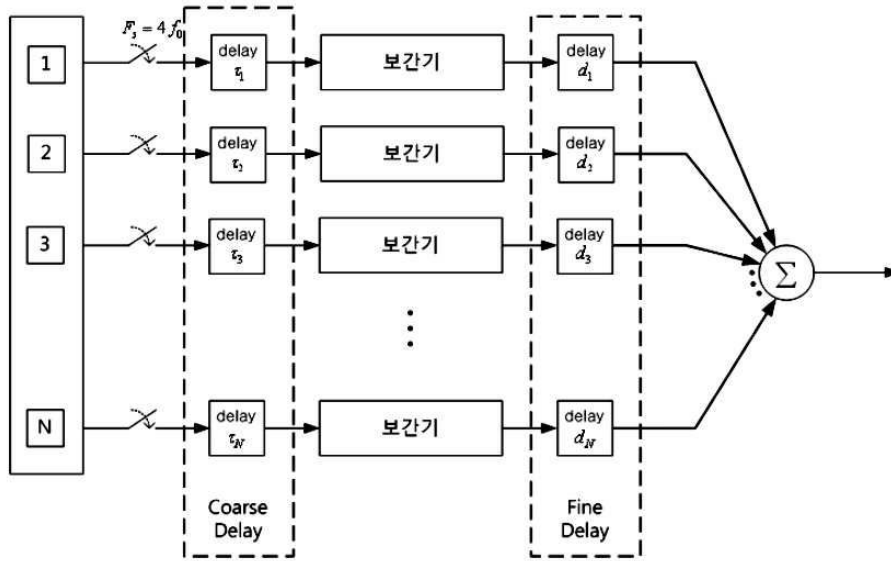
도면7



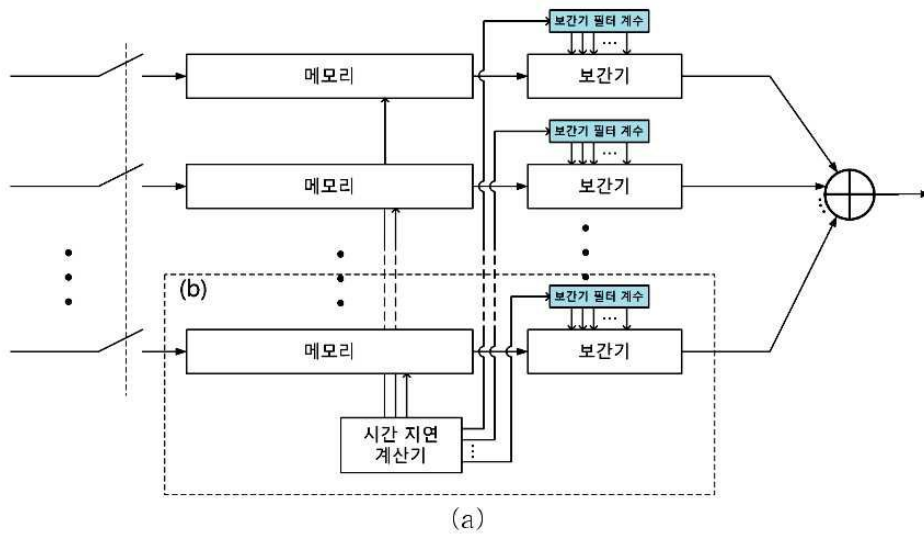
도면8



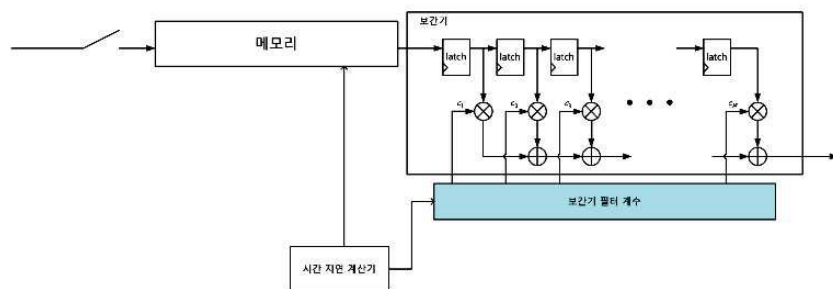
도면9



도면10

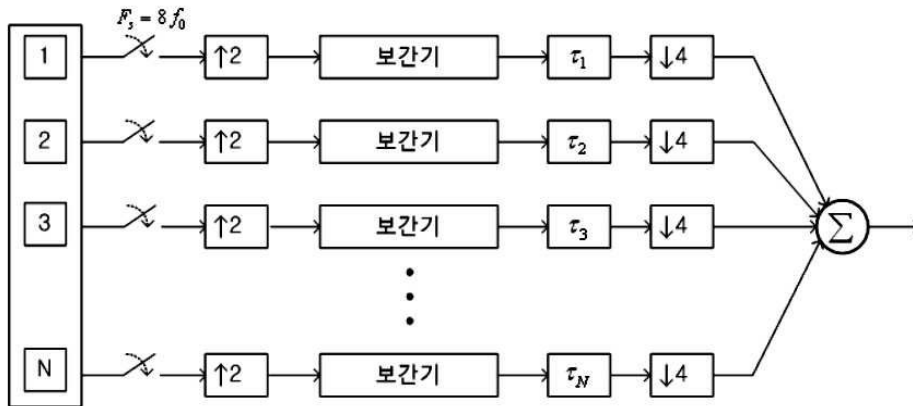


(a)

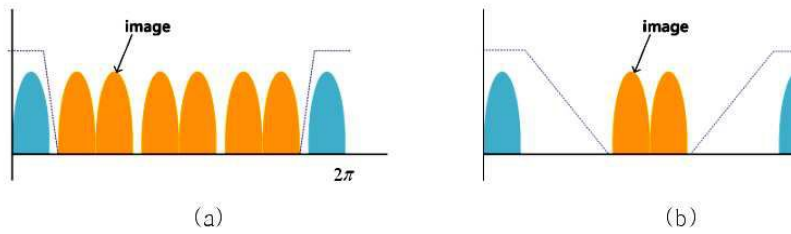


(b)

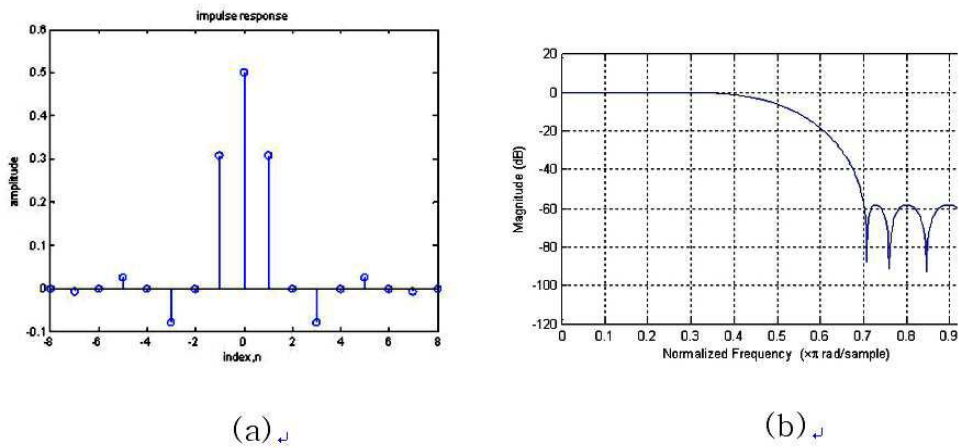
도면11



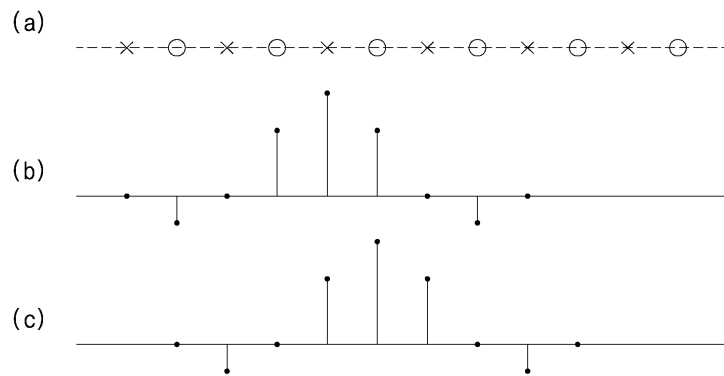
도면12



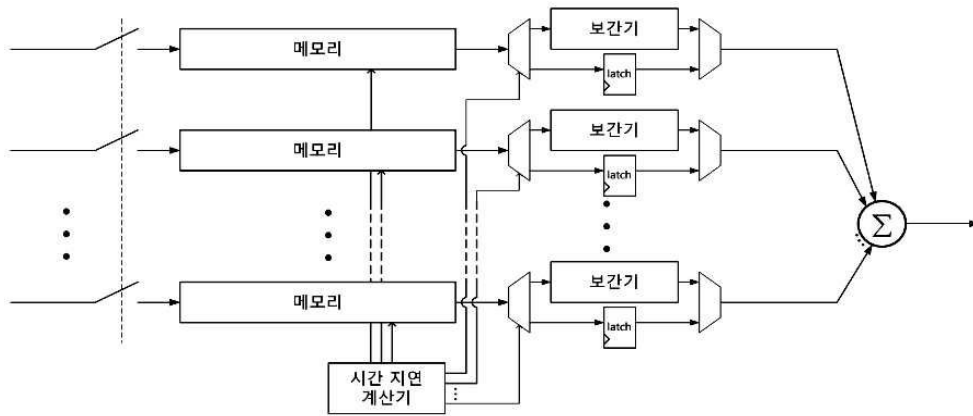
도면13



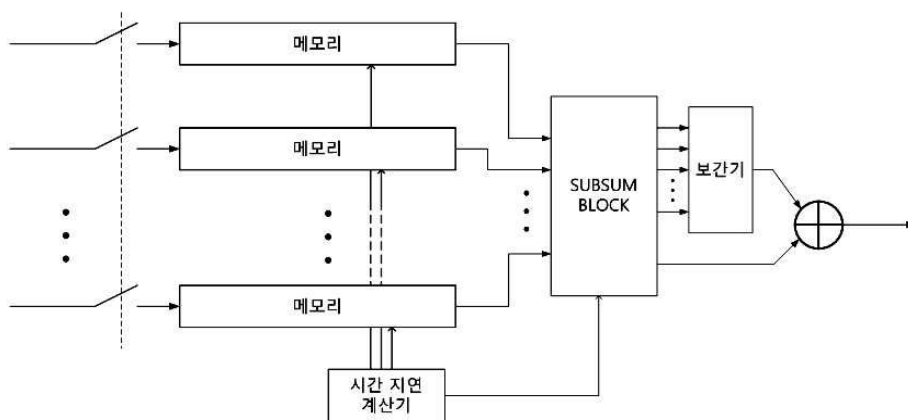
도면14



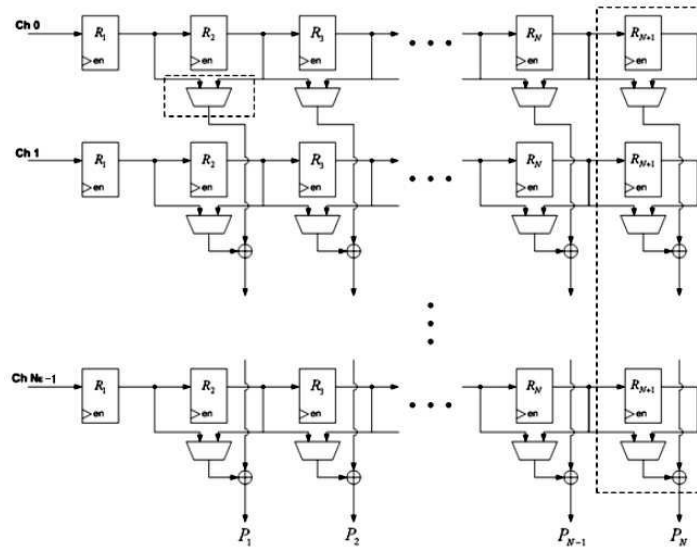
도면15



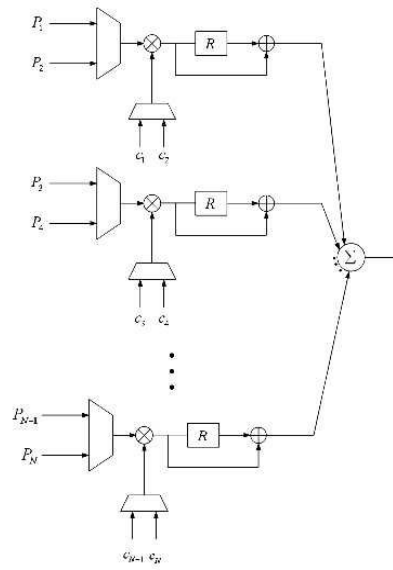
도면16



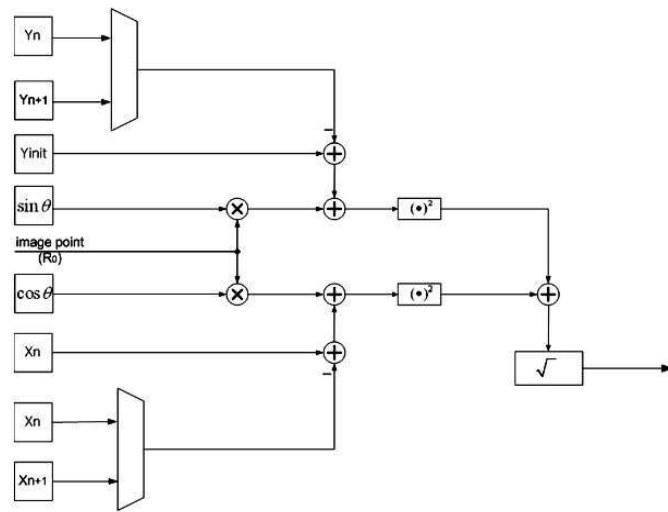
도면17



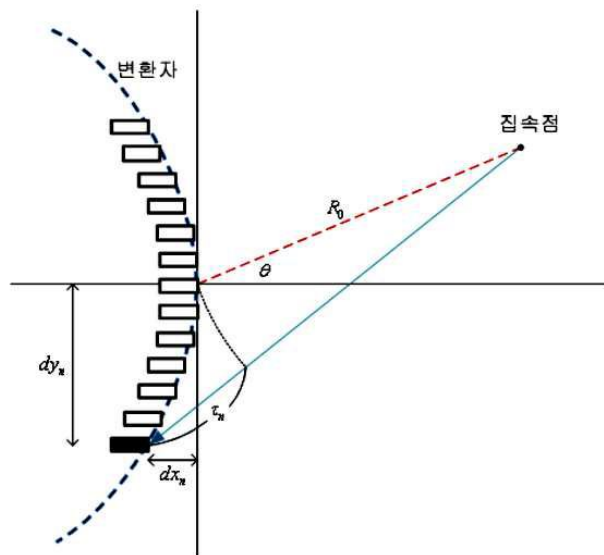
도면18



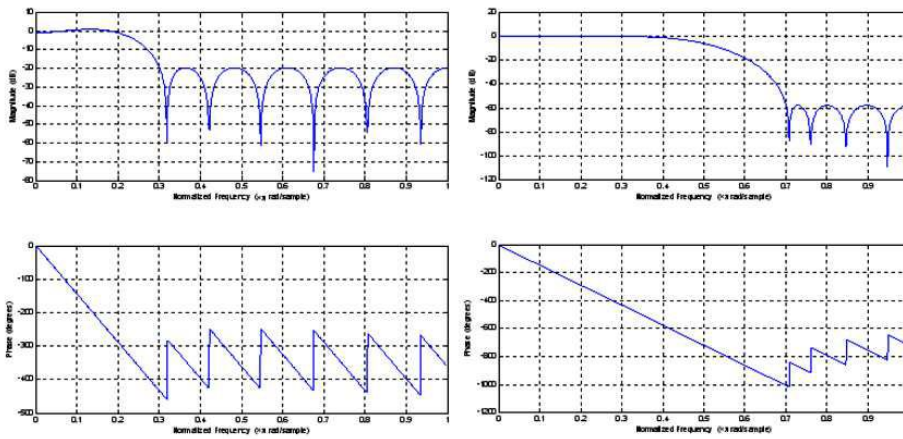
도면19



도면20



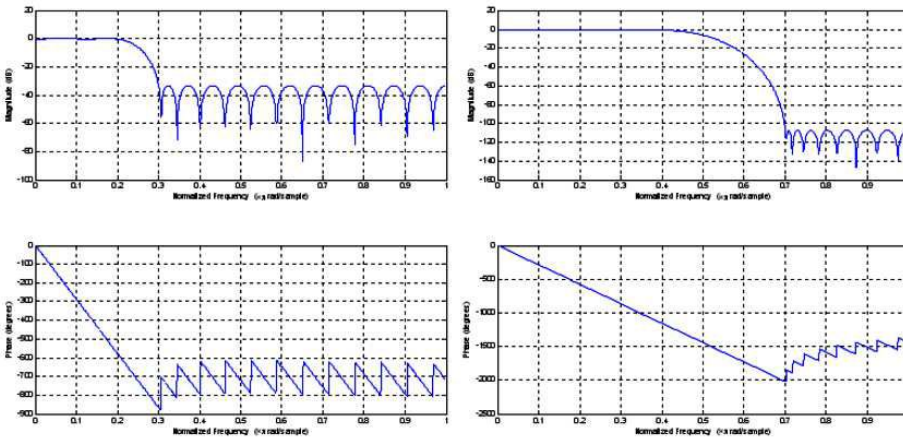
도면21



(a)

(b)

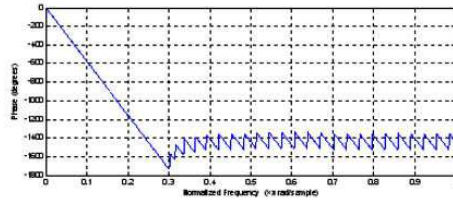
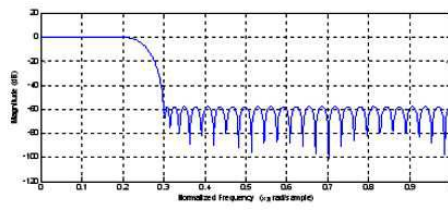
도면22



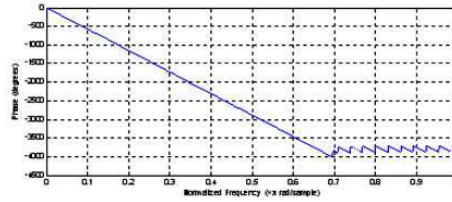
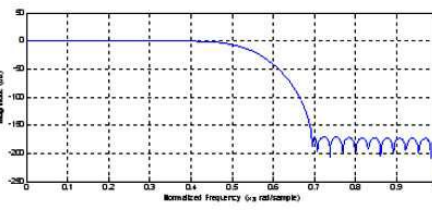
(a)

(b)

도면23



(a)



(b)

专利名称(译)	超声波信号波束形成器和使用其的波束形成方法		
公开(公告)号	KR1020110022440A	公开(公告)日	2011-03-07
申请号	KR1020090080037	申请日	2009-08-27
[标]申请(专利权)人(译)	서강대학교산학협력단		
申请(专利权)人(译)	서강대학교산학협력단		
当前申请(专利权)人(译)	서강대학교산학협력단		
[标]发明人	SONG TAI KYONG 송태경 LEE YU HWA 이유화		
发明人	송태경 이유화		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/4483 G01S7/52026 G01S7/52085		
其他公开文献	KR101118515B1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

超声波信号波束形成器本发明涉及一种超声波信号波束形成器，它包括一个采样单元，用于以接收从焦点反射的超声波信号的阵列变压器的中心频率的N倍(N是自然数)的采样频率对超声波信号进行采样。一种存储单元，用于存储由采样单元采样的超声信号;一种时间延迟计算单元，用于计算用于选择存储在存储单元中的超声信号中要插值的超声信号的时间延迟值;以及使用固定内插系数使用时间延迟值转换从存储器单元中选择的超声信号的内插器。虽然硬件复杂性由于更高的采样频率而增加，并且可以降低硬件复杂性。

