



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0090218
(43) 공개일자 2013년08월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01S 15/89 (2006.01) G01S 15/06 (2006.01)

G01S 1/72 (2006.01) G01S 3/80 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2012-0011370

(22) 출원일자 2012년02월03일

심사청구일자 2012년02월03일

(71) 출원인

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

송태경

서울특별시 종로구 평창동 롯데캐슬 로잔 106-402

유양모

경기도 고양시 일산서구 일산3동 후곡3단지 307동 101호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인충현

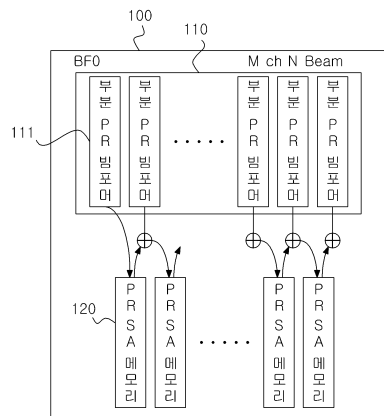
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 위상 회전 빔포머를 이용한 합성 구경 빔집속 시스템

(57) 요약

본 발명은 위상 회전 빔포머를 이용한 합성 구경 빔집속 시스템에 관한 것으로서, 채널 데이터로부터 위상 회전 지연이 적용된 동상 성분과 직각위상 성분을 각각 생성하는 복수의 부분 PR 빔포머들 및 부분 PR 빔포머들로부터 각각의 동상 성분과 직각위상 성분을 수신하는 PR SA 메모리들을 포함하고, 어느 하나의 부분 PR 빔포머가 출력하는 동상 성분과 직각위상 성분은 다음 부분 PR 빔포머가 출력하는 동상 성분과 직각위상 성분과 합해져서 PR SA 메모리에 저장되는 것을 특징으로 하며, 테시메이션을 통해 f_0 로 데이터 레이트를 낮추어 지연을 적용하므로, 시스템의 복잡도를 줄이면서도 합성구경 빔집속 기법을 이용하여 해상도를 향상시킬 수 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

장진호

서울특별시 양천구 신정2동 336번지 청구아파트
101동 302호

이우열

서울특별시 양천구 신정1동 신시가지10단지아파트
1015-504

박종호

경기도 안산시 상록구 이동 627-8 304호

특허청구의 범위

청구항 1

채널 데이터로부터 위상 회전 지연이 적용된 동상 성분과 직각위상 성분을 각각 생성하는 복수의 부분 PR 빔포머들; 및

상기 부분 PR 빔포머들로부터 각각의 동상 성분과 직각위상 성분을 수신하는 PR SA 메모리들을 포함하고,

어느 하나의 부분 PR 빔포머가 출력하는 동상 성분과 직각위상 성분은 다음 부분 PR 빔포머가 출력하는 동상 성분과 직각위상 성분과 합해져서 PR SA 메모리에 저장되는 것을 특징으로 하는 위상 회전 빔포머를 이용한 합성 구경 빔집속 시스템.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 부분 PR 빔포머는 복수의 PR 빔포밍 블록들을 포함하고,

상기 PR 빔포밍 블록은,

상기 채널 데이터로부터 동상 성분과 직각위상 성분을 생성하는 믹서부;

상기 동상 성분과 상기 직각위상 성분을 데시메이션하는 데시메이션부;

상기 데시메이션된 동상 성분과 직각 위상 성분을 저장하는 메모리;

상기 데시메이션된 동상 성분과 직각 위상 성분에 적용할 코스 지연과 미세 지연을 계산하여, 상기 코스 지연은 상기 메모리로 전달하고, 상기 미세 지연은 위상 회전부로 전달하는 지연 계산부; 및

상기 메모리로부터 코스 지연이 적용된 동상 성분과 직각 위상 성분을 수신한 후, 상기 코스 지연이 적용된 동상 성분과 직각 위상 성분에 상기 지연 계산부로부터 상기 미세 지연을 적용하는 위상 회전부를 포함하는 위상 회전 빔포머를 이용한 합성 구경 빔집속 시스템.

청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 부분 PR 빔포머는 상기 복수의 PR 빔포밍 블록들이 출력하는 동상 성분과 직각위상 성분을 합하여 출력하는 것을 특징으로 하는 위상 회전 빔포머를 이용한 합성 구경 빔집속 시스템.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 부분 PR 빔포머는 복수의 PR 빔포밍 블록들을 포함하고,

상기 PR 빔포밍 블록은,

상기 채널 데이터로부터 동상 성분과 직각위상 성분을 생성하는 믹서부;

상기 믹서부로부터 상기 동상 성분과 상기 직각 위상 성분을 저장하는 메모리;

상기 메모리에 저장된 동상 성분과 직각 위상 성분에 적용할 코스 지연과 미세 지연을 계산하여, 상기 코스 지연은 상기 메모리로 전달하고, 상기 미세 지연은 위상 회전부로 전달하는 지연 계산부; 및

상기 메모리로부터 동상 성분과 직각 위상 성분을 수신하고, 상기 코스 지연이 적용된 동상 성분과 직각 위상 성분에 상기 지연 계산부로부터 상기 미세 지연을 적용하는 위상 회전부를 포함하고,

상기 부분 PR 빔포머는 상기 복수의 PR 빔포밍 블록들이 출력하는 동상 성분들과 직각위상 성분을 합한 결과를 데시메이션하는 데시메이션부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 위상 회전 빔포머를 이용한 합성 구경 빔집속 시스템.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 PR SA 메모리는 동상 성분용 메모리와 직각위상 성분용 메모리로 구분되어 있는 것을 특징으로 하는 위상 회전 빔포머를 이용한 합성 구경 빔집속 시스템.

청구항 6

제1 항에 있어서,

상기 합성 구경 빔집속 시스템은 후치 메모리 구조인 것을 특징으로 하는 위상 회전 빔포머를 이용한 합성 구경 빔집속 시스템.

청구항 7

제2 항 또는 제3 항에 있어서,

상기 믹서부는 상기 채널 데이터에 송신 펄스의 중심 주파수를 갖는 사인함수와 코사인 함수를 곱하여 동상 성분과 직각위상 성분을 생성하는 것을 특징으로 하는 위상 회전 빔포머를 이용한 합성 구경 빔집속 시스템.

청구항 8

채널 데이터로부터 위상 회전 지연이 적용된 동상 성분과 직각위상 성분을 각각 생성하는 복수의 부분 PR 빔포머들; 및

상기 부분 PR 빔포머들로부터 각각의 동상 성분과 직각위상 성분을 수신하는 PR SA 메모리들을 포함하고,

어느 하나의 부분 PR 빔포머가 출력하는 동상 성분과 직각위상 성분은 다음 부분 PR 빔포머가 출력하는 동상 성분과 직각위상 성분과 합해져서 PR SA 메모리에 저장되는 것을 특징으로 하는 위상 회전 빔포머.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 합성 구경 빔집속 시스템에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 빔집속 시스템의 복잡도를 줄이면서도 위상 회전 빔집속과 합성구경 빔집속 기법을 이용하여 해상도를 향상시킬 수 있는 위상 회전 빔포머를 이용한 합성 구경 빔집속 시스템에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 빔포밍이란 변환자를 통해 초음파 신호를 원하는 위치에 집속하여 송신하고 인체에서 반사되어 들어온 RF 신호를 빔 집속하려는 위치에 따라 각 수신 소자별로 신호를 적절히 지연한 후 합성하여 집속화된 빔 패턴을 얻는 것을 말한다.

[0003] 디지털 빔집속 시스템은 동적 집속을 위해서 표본화된 초음파 수신 신호를 집속하고자 하는 위치에 따라 각 변환자별로 가변 지연을 보상하여 합성하며 이러한 역할을 하는 장치를 빔포머라 한다. 높은 해상도의 영상을 얻기 위해 이러한 지연값은 변환자 중심 주파수(f_0)의 16배($16f_0$)로 표본화하여 계산되어야 하지만 A/D 변환기의 성능과 집속에 사용되는 메모리의 크기 등을 고려하여 대부분의 빔집속 시스템은 공통적으로 수신 신호를 $4f_0$ 로 표본화한 뒤 이를 보간해서 $8f_0$, 혹은 $16f_0$ 의 효과를 갖도록 하는 방법을 사용하고 있다.

[0004] 한편, 초음파 영상에서 다루는 RF 신호는 f_0 를 중심으로 일정한 밴드(band)를 가지는 신호인데 위상 회전 빔포머에서는 f_0 를 기준으로 계산한 위상을 모든 밴드의 RF 데이터에 적용하기 때문에 위상 지연 적용시 오류를 가지게 된다. 즉, 정확도에서는 지연&합 빔포머(delay&sum beamformer, 이하 DSBF)보다 위상 회전 빔포머가 떨어진다는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 따라서, 본 발명이 해결하고자 하는 첫 번째 과제는 빔집속 시스템의 복잡도를 줄이면서도 위상 회전 빔집속과 합성구경 빔집속 기법을 이용하여 해상도를 향상시킬 수 있는 위상 회전 빔포머를 이용한 합성 구경 빔집속 시스템을 제공하는 것이다.
- [0006] 본 발명이 해결하고자 하는 두 번째 과제는 빔집속을 위해 계산된 지연을 적용하기 위한 지연 버퍼 메모리의 크기를 줄일 수 있는 위상 회전 빔포머를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0007] 본 발명은 상기 첫 번째 과제를 달성하기 위하여, 채널 데이터로부터 위상 회전 지연이 적용된 동상 성분과 직각위상 성분을 각각 생성하는 복수의 부분 PR 빔포머들; 및 상기 부분 PR 빔포머들로부터 각각의 동상 성분과 직각위상 성분을 수신하는 PR SA 메모리들을 포함하고, 어느 하나의 부분 PR 빔포머가 출력하는 동상 성분과 직각위상 성분은 다음 부분 PR 빔포머가 출력하는 동상 성분과 직각위상 성분과 합해져서 PR SA 메모리에 저장되는 것을 특징으로 하는 위상 회전 빔포머를 이용한 합성 구경 빔집속 시스템을 제공한다.
- [0008] 본 발명의 일 실시 예에 의하면, 상기 부분 PR 빔포머는 복수의 PR 빔포밍 블록들을 포함하고, 상기 PR 빔포밍 블록은 상기 채널 데이터로부터 동상 성분과 직각위상 성분을 생성하는 믹서부; 상기 동상 성분과 상기 직각위상 성분을 데시메이션하는 데시메이션부; 상기 데시메이션된 동상 성분과 직각 위상 성분을 저장하는 메모리; 상기 데시메이션된 동상 성분과 직각 위상 성분에 적용할 코스 지연과 미세 지연을 계산하여, 상기 코스 지연은 상기 메모리로 전달하고, 상기 미세 지연은 위상 회전부로 전달하는 지연 계산부; 및 상기 메모리로부터 코스 지연이 적용된 동상 성분과 직각 위상 성분을 수신한 후, 상기 코스 지연이 적용된 동상 성분과 직각 위상 성분에 상기 지연 계산부로부터 상기 미세 지연을 적용하는 위상 회전부를 포함할 수 있다.
- [0009] 이때, 상기 부분 PR 빔포머는 상기 복수의 PR 빔포밍 블록들이 출력하는 동상 성분과 직각위상 성분을 합하여 출력하는 것이 바람직하다.
- [0010] 본 발명의 다른 실시 예에 의하면, 상기 부분 PR 빔포머는 복수의 PR 빔포밍 블록들을 포함하고, 상기 PR 빔포밍 블록은 상기 채널 데이터로부터 동상 성분과 직각위상 성분을 생성하는 믹서부; 상기 믹서부로부터 상기 동상 성분과 상기 직각 위상 성분을 저장하는 메모리; 상기 메모리에 저장된 동상 성분과 직각 위상 성분에 적용할 코스 지연과 미세 지연을 계산하여, 상기 코스 지연은 상기 메모리로 전달하고, 상기 미세 지연은 위상 회전부로 전달하는 지연 계산부; 및 상기 메모리로부터 동상 성분과 직각 위상 성분을 수신하고, 상기 코스 지연이 적용된 동상 성분과 직각 위상 성분에 상기 지연 계산부로부터 상기 미세 지연을 적용하는 위상 회전부를 포함하고, 상기 부분 PR 빔포머는 상기 복수의 PR 빔포밍 블록들이 출력하는 동상 성분들과 직각위상 성분을 합한 결과를 데시메이션하는 데시메이션부를 더 포함할 수 있다.
- [0011] 한편, 상기 PR SA 메모리는 동상 성분용 메모리와 직각위상 성분용 메모리로 구분되어 있는 것이 바람직하다.
- [0012] 또한, 상기 합성 구경 빔집속 시스템은 후치 메모리 구조인 것이 바람직하며, 상기 믹서부는 상기 채널 데이터에 송신 펄스의 중심 주파수를 갖는 사인함수와 코사인 함수를 곱하여 동상 성분과 직각위상 성분을 생성할 수 있다.
- [0013] 본 발명은 상기 두 번째 과제를 달성하기 위하여, 채널 데이터로부터 위상 회전 지연이 적용된 동상 성분과 직각위상 성분을 각각 생성하는 복수의 부분 PR 빔포머들; 및 상기 부분 PR 빔포머들로부터 각각의 동상 성분과 직각위상 성분을 수신하는 PR SA 메모리들을 포함하고, 어느 하나의 부분 PR 빔포머가 출력하는 동상 성분과 직각위상 성분은 다음 부분 PR 빔포머가 출력하는 동상 성분과 직각위상 성분과 합해져서 PR SA 메모리에 저장되는 것을 특징으로 하는 위상 회전 빔포머를 제공한다.

발명의 효과

- [0014] 본 발명에 따르면, 데시메이션을 통해 f_0 로 데이터 레이트를 낮추어 지연을 적용하므로, 시스템의 복잡도를 줄이면서도 합성구경 빔집속 기법을 이용하여 해상도를 향상시킬 수 있다. 또한, 본 발명에 따르면, 빔집속을 위해 계산된 지연을 적용하기 위한 지연 버퍼 메모리의 크기를 줄일 수 있으며, 합성구경 메모리의 메모리 요구량 역시 줄일 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 위상 회전 빔포머를 이용한 합성구경 빔집속 시스템의 전체 구성도를 도시한 것이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 위상 회전 빔포머를 이용한 합성구경 빔집속 시스템에서 사용되는 PR 빔포밍 블록의 구성도의 일례이다.
- 도 3은 도 1에 도시된 부분 PR 빔포머의 세부 구조를 도시한 제 1 실시 예이다.
- 도 4는 도 1에 도시된 부분 PR 빔포머의 세부 구조를 도시한 제 2 실시 예이다.
- 도 5는 도 1에 도시된 PR SA 메모리 구조를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 본 발명에 관한 구체적인 내용의 설명에 앞서 이해의 편의를 위해 본 발명이 해결하고자 하는 과제의 해결 방안의 개요 혹은 기술적 사상의 핵심을 우선 제시한다.
- [0017] 본 발명의 일 실시 예에 따른 위상 회전 빔포머를 이용한 합성 구경 빔집속 시스템은 채널 데이터로부터 위상 회전 지연이 적용된 동상 성분과 직각위상 성분을 각각 생성하는 복수의 부분 PR 빔포머들; 및 상기 부분 PR 빔포머들로부터 각각의 동상 성분과 직각위상 성분을 수신하는 PR SA 메모리들을 포함하고, 어느 하나의 부분 PR 빔포머가 출력하는 동상 성분과 직각위상 성분은 다음 부분 PR 빔포머가 출력하는 동상 성분과 직각위상 성분과 합해져서 PR SA 메모리에 저장되는 것을 특징으로 한다.
- [0018] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있는 바람직한 실시 예를 상세히 설명한다. 그러나 이들 실시 예는 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명의 범위가 이에 의하여 제한되지 않는다는 것은 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 자명할 것이다.
- [0019] 본 발명이 해결하고자 하는 과제의 해결 방안을 명확하게 하기 위한 발명의 구성을 본 발명의 바람직한 실시 예에 근거하여 첨부 도면을 참조하여 상세히 설명하되, 도면의 구성요소들에 참조번호를 부여함에 있어서 동일 구성요소에 대해서는 비록 다른 도면상에 있더라도 동일 참조번호를 부여하였으며 당해 도면에 대한 설명시 필요한 경우 다른 도면의 구성요소를 인용할 수 있음을 미리 밝혀둔다. 아울러 본 발명의 바람직한 실시 예에 대한 동작 원리를 상세하게 설명함에 있어 본 발명과 관련된 공지 기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명 그리고 그 이외의 제반 사항이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우, 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0020] 덧붙여, 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 '연결'되어 있다고 할때, 이는 '직접적으로 연결'되어 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 '간접적으로 연결'되어 있는 경우도 포함한다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 또는 "포함하는(comprising)"에 언급된 구성요소, 단계, 동작 또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.
- [0021] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 위상 회전 빔포머를 이용한 합성구경 빔집속 시스템의 전체 구성도를 도시한 것이다.
- [0022] 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시 예에 따른 위상 회전 빔포머를 이용한 합성구경 빔집속 시스템은 후치 메모리 구조의 합성구경 빔집속 시스템(100)으로서, PR 빔포머(110) 및 PR SA 메모리(120)를 포함하여 구성된다.
- [0023] 초음파 영상장치에 합성구경 빔집속기법(SA : synthetic aperture beamforming)을 적용할 경우 합성하는 빔의 수가 많아질수록 해상도가 좋아진다.
- [0024] 합성구경 빔집속 시스템을 구현하기 위한 구조에는 모든 빔에 대한 송수신 데이터를 빔포머 앞단에 저장한 후 합성빔을 만드는 전치 메모리 구조와 매 송수신마다 부분빔(partial beam)을 만들어 빔포머 뒤의 메모리에 저장하고 이를 shift & accumulate하여 합성빔을 만드는 후치 메모리 구조가 있다.
- [0025] 전치 메모리 구조는 요구되는 메모리의 대역폭 및 용량이 너무 크기 때문에 현실적으로 구현하기 어렵기 때문에

본 발명에서는 후치 메모리 구조에 위상 회전 빔포머를 결합하는 구조를 도 1과 같이 제안한다.

- [0026] PR 빔포머(110)는 N개의 부분 PR 빔포머로 구성된다.
- [0027] PR 빔포머(110)는 부분 PR 빔포머들로부터 출력되는 동상 성분의 부분합 I와 직각위상 성분의 부분합 Q를 PR SA 메모리들을 이용하여 합한다.
- [0028] 부분 PR 빔포머(111)는 채널 데이터로부터 위상 회전 지연이 적용된 동상 성분의 부분합 I와 직각위상 성분의 부분합 Q를 생성하여 PR SA 메모리(120)로 전달한다.
- [0029] PR SA 메모리(120)는 부분 PR 빔포머로부터 부분합 I와 부분합 Q를 수신하여 저장한다. PR SA 메모리(120)에 저장된 부분합 I와 부분합 Q는 다음 부분 PR 빔포머에서 생성된 부분합 I와 부분합 Q와 합해져서 다음 PR SA 메모리에 저장된다.
- [0030] 도 1에 도시된 위상 회전 빔포머를 이용한 합성구경 빔집속 시스템(100)은 후치 메모리 구조의 합성구경 빔집속 시스템이 가지는 확장성 및 장점을 그대로 유지한다.
- [0031] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 위상 회전 빔포머를 이용한 합성구경 빔집속 시스템에서 사용되는 PR 빔포밍 블록의 구성도의 일례이다.
- [0032] 도 2를 참조하면, PR 빔포밍 블록은 I/Q 성분 생성부(200), 메모리(210, 211), 지연 계산부(220) 및 위상 회전부(230, 231)로 구성된다.
- [0033] I/Q 성분 생성부(200)는 믹서부(211, 212)와 데시메이션부(213, 214)로 구성된다.
- [0034] I/Q 성분 생성부(200)는 ADC로부터 입력되는 RF 채널 데이터로부터 다운 샘플링된 동상 성분과 직각위상 성분을 생성한다.
- [0035] 믹서부(211, 212)는 ADC로부터 입력되는 RF 채널 데이터에 $\sin(2\pi f_0 t)$ 와 $\cos(2\pi f_0 t)$ 를 곱하여 동상 성분과 직각 위상 성분을 각각 생성한다. 이때, f_0 는 송신 펄스의 중심 주파수를 나타낸다.
- [0036] 데시메이션부(213, 214)는 동상 성분과 직각위상 성분에 대하여 데시메이션 즉, 다운 샘플링을 수행한다. 데시메이션부(213, 214)는 데시메이션 필터링과 다운 샘플링의 두 단계를 수행할 수 있다.
- [0037] 예를 들어, ADC가 $4f_0$ 로 샘플링을 한 RF 채널 데이터를 복조하는 과정에서 동상 성분과 직각위상 성분을 구하고, 저역 통과 필터(미도시)를 통과시켜 기저대역 신호를 얻을 수 있다. 데시메이션부(213, 214)에서는 메모리(210, 211)의 용량을 줄이기 위하여 4:1 데시메이션을 수행하게 되면 I/Q 성분 생성부(200)의 출력은 다시 f_0 의 샘플률을 갖는 신호가 된다. 만약 5 MHz의 f_0 주파수를 갖는 신호를 사용한다면, 샘플률은 20 MHz가 되며, 4:1로 하였기 때문에 I/Q 성분 생성부(200)의 출력은 5 MHz로 샘플링한 데이터가 된다.
- [0038] DSBF와는 달리 위상 회전 빔포머에서는 ADC에서 전송된 각 채널의 RF 채널 데이터에 f_0 를 이용하여 복조, 저역 통과 필터링, 데시메이션을 적용하여 데이터 레이트를 낮추게 된다.
- [0039] 이때 RF 채널 데이터의 데이터 길이가 L이라 가정하고 데시메이션 팩터를 M으로 가정하면 데시메이션 후 출력되는 동상(in-phase) 성분 I와 직각 위상(quadrature-phase) 성분 Q 각각의 데이터 길이는 L/M으로 감소된다.
- [0040] 한편, 데시메이션 결과 데이터의 샘플링 레이트가 낮아지게 되므로 빔집속을 위해 계산된 지연을 적용하기 위한 지연 버퍼 메모리(210, 211)의 크기를 줄일 수 있다는 장점을 가진다.
- [0041] 메모리(210, 211)는 데시메이션이 수행된 동상 성분(I_m)과 직각위상 성분(Q_m)을 각각 저장한다.
- [0042] 지연 계산부(220)는 동상 성분(I_m)과 직각위상 성분(Q_m)에 적용할 코스 지연(coarse delay)과 미세 지연(fine delay)을 계산하여, 메모리(210, 211)로 코스 지연(coarse delay)을 전달하고, 위상 회전부(230, 231)로 미세 지연(fine delay)을 전달한다.
- [0043] 위상 회전부(230, 231, phase rotator)는 코스 지연(coarse delay)이 적용된 동상 성분(I_m)과 직각위상 성분(Q_m)에 미세 지연을 적용한다. 따라서, 도 2에 도시된 PR 빔포밍 블록은 위상 회전부(230, 231)를 이용하여 보

다 정밀하게 지연시간을 적용할 수 있다.

[0044] 위상 회전부(230, 231)는 지연 시간을 다음과 수학적 식 1과 같이 위상의 형태로 바꾸어서 수신되는 RF 신호의 위상에 더해지면 원하는 만큼 시간 지연을 갖는 신호(I_{pr} , Q_{pr})를 얻을 수 있다.

수학적 식 1

$$\phi_0 = \omega_0 \Delta \tau$$

[0045]

[0046] ω_0 는 신호의 주파수이며, $\Delta \tau$ 는 집속을 위한 지연 시간을 의미한다. 따라서, ϕ_0 는 지연 시간을 위상의 형태로 변환한 것이다. 이와 같은 지연 위상을 코스 지연이 적용된 동상 성분(I_d)과 직각위상 성분(Q_d)에 다음의 수학적 식 2와 같이 곱해줌으로써, 원하는 시간 지연된 신호(I_{pr} , Q_{pr})를 얻을 수 있다.

수학적 식 2

$$I' = I \cos \phi_0 - Q \sin \phi_0$$

$$Q' = I \sin \phi_0 - Q \cos \phi_0$$

[0047]

[0048] DSBF 방식에 따르면, 효과적인 빔포밍을 위한 $16f_0$ 이상의 지연 해상도(delay resolution)를 얻기 위해 RF 채널 데이터에 보간(interpolation)을 적용한 후 지연 후 합하는 방식으로 시간 지연을 적용하여 빔집속을 수행한다.

[0049] 하지만 위상 회전 빔포머에서는 보간을 적용하지 않고 데시메이션을 통해 f_0 로 데이터 레이트를 낮춘 후, f_0 지연 해상도로 지연 버퍼 메모리(210, 211)에서 추출한 데이터에 중심 주파수를 기준으로 계산된 지연만큼 위상 시프트(phase shift)를 적용함으로써 $16f_0$ 의 해상도를 얻는다. 이를 통해 처리하는 데이터 레이트를 감소시킴으로써 시스템의 복잡도를 줄일 수 있고 실제 구현시 이점으로 작용한다.

[0050] 예를 들어, 지연 시간 계산 결과는 $4f_0$ 의 샘플링 레이트 기준으로 정수부와 소수부로 나누어 출력된다. 만일 지연 시간 계산 결과가 324.75와 같이 출력되었을 때 코스 지연은 정수부인 325이고 미세 지연은 소수부인 0.75가 된다. 코스 지연은 그대로 지연 버퍼 메모리(210, 211)의 주소(address)로 사용되고 미세 지연은 $16f_0$ 의 지연 해상도를 얻기 위해 사용된다.

[0051] 한편, 본 발명에서는 f_0 를 기준으로 지연 시간 계산 결과가 출력된다. 즉 $324.75/4 = 81.1875$ 로 출력된다. 이 중 정수부인 81을 지연 버퍼 메모리(210, 211)의 주소로 사용하고 나머지 0.1875를 미세 지연으로 세밀한 지연 시간을 위해 사용한다. 위상 회전을 이용하여 미세 지연을 적용할 경우 오차가 발생할 수밖에 없는데, 이 경우 지연 시간 결과를 적용하는 과정에서 위상 회전에 의존하는 부분이 상대적으로 커지게 되면 지연 시간 적용 오차가 커지게 될 수 있다.

[0052] 도 3은 도 1에 도시된 부분 PR 빔포머의 세부 구조를 도시한 제 1 실시 예이다.

[0053] 도 3을 참조하면, 부분 PR 빔포머(300)는 도 2에 도시된 복수 개의 PR 빔포밍 블록들로 구성된다.

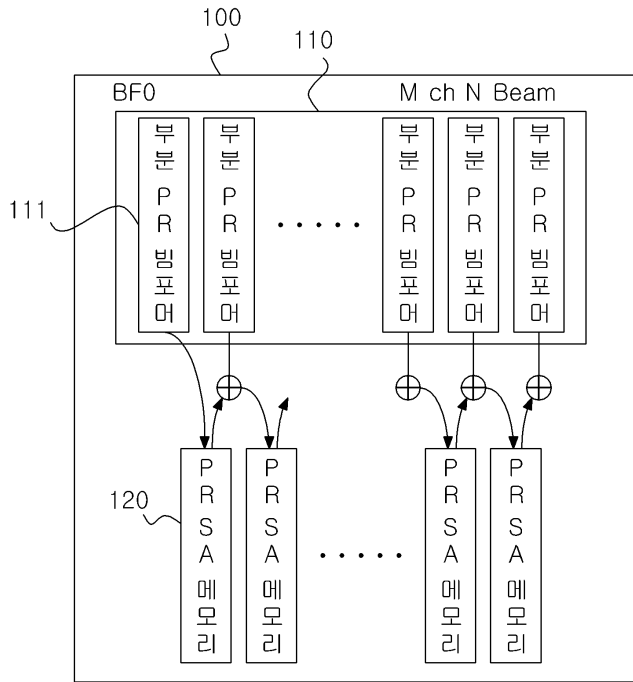
[0054] RF 채널 데이터가 입력되는 PR 빔포밍 블록이 각 채널마다 존재하는 구조이다. 각 채널에 맞는 지연이 적용된 모든 채널의 데이터가 더해져 부분합 데이터(partial sum data)가 출력된다.

[0055] 이때 부분합 I와 부분합 Q로 출력되며 각각의 데이터는 L/M의 데이터 길이를 가진다. 부분합 I와 부분합 Q는 PR SA 메모리(390)로 전달되어 합성구경 빔집속을 위한 shift&accumulation에 이용된다.

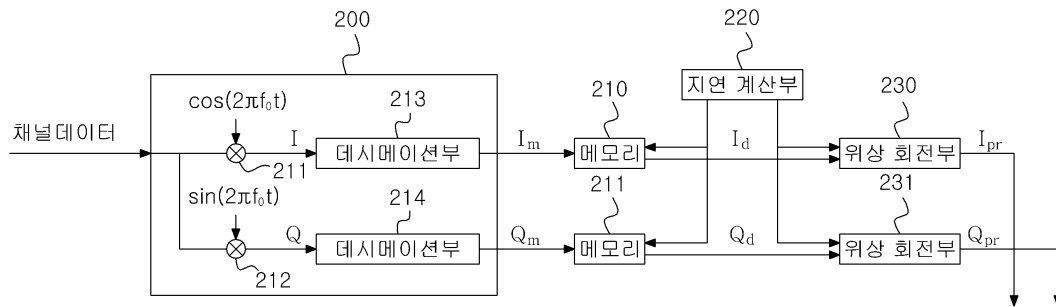
- [0056] 도 4는 도 1에 도시된 부분 PR 빔포머의 세부 구조를 도시한 제 2 실시 예이다.
- [0057] 도 4는 도 3에 도시된 부분 PR 빔포머의 구조를 변경하여 정확도를 개선한 블록도이다.
- [0058] 도 4에 도시된 부분 PR 빔포머에서는 믹서부(411, 412) 이후 데시메이션부가 존재하지 않고, 모듈레이션 결과가 데시메이션없이 메모리(420, 421)로 입력된다. 데시메이션부(491, 492)는 각 PR 빔포밍 블록으로부터 출력되는 I_{pr} 과 Q_{pr} 를 합한 결과에 한 번의 데시메이션을 수행한다.
- [0059] 도 4에서는 모듈레이션(modulation) 후 데시메이션을 먼저 수행하지 않기 때문에 메모리(420, 421)의 크기 감소 효과는 기대할 수 없는 대신 $4f_0$ 의 데이터 레이트에서 지연&합으로 지연을 적용하기 때문에 도 3에 도시된 PR 빔포머보다 정확도가 향상된다.
- [0060] DSBF에서는 모든 밴드의 신호에 일정한 시간 지연을 적용하기 때문에 정확도가 높고 위상 회전 빔포밍에서는 f_0 를 기준으로 위상 시프트(phase shift)를 통해 지연을 적용하기 때문에 정확도가 떨어진다.
- [0061] 그러나, 도 4에 도시된 부분 PR 빔포머의 경우 지연&합에 좀 더 가중치를 주고 위상 시프트가 적용되는 부분을 줄인 방식이기 때문에 정확도가 올라간다.
- [0062] 도 5는 도 1에 도시된 PR SA 메모리 구조를 도시한 것이다.
- [0063] 도 5를 참조하면, 도 3 또는 도 4에 도시된 부분 PR 빔포머를 이용하여 부분합 I와 부분합 Q를 출력하는 경우에 사용하는 PR SA 메모리 구조가 도시되어 있다.
- [0064] DSBF에 요구되는 합성구경 메모리와는 달리 I와 Q를 각각 저장할 메모리 공간이 별도로 요구된다. 하지만 각 메모리의 크기가 L/M 으로 감소하였기 때문에 M이 2보다 클 경우 전체 메모리 요구량은 감소하게 된다. 합성구경 빔집속을 구현함에 있어 주요한 제한점인 합성구경 메모리의 메모리 요구량을 줄일 수 있다는 점에서 큰 장점을 가진다고 할 수 있다.
- [0065] 일반적으로 초음파에서 RF 채널 데이터는 f_0 의 중심주파수를 가질 때 신호의 비대역폭(fractional bandwidth)을 100%로 가정한다. 통용되는 ADC의 샘플링 레이트를 40MHz, 펄스의 중심 주파수 3MHz로 가정한 후 적용 가능한 M을 계산해보면 아래와 같다.
- [0066]
$$F_{max} = 3\text{MHz} + 3\text{MHz}/2 = 4.5 \text{ MHz}$$
- [0067] 샘플링 법칙에 의해 샘플링 레이트를 $9\text{MHz}(=4.5\text{MHz} \times 2)$ 이상 유지할 경우 에일리어싱(aliasing)이 발생하지 않는다. 따라서, 40MHz인 경우 10MHz도 가능하기 때문에 $M=4$ 가 가능하고, 가능한 M의 범위는 샘플링 레이트와 펄스의 중심 주파수에 따라 달라질 수 있다.
- [0068] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시 예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시 예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.
- [0069] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

도면

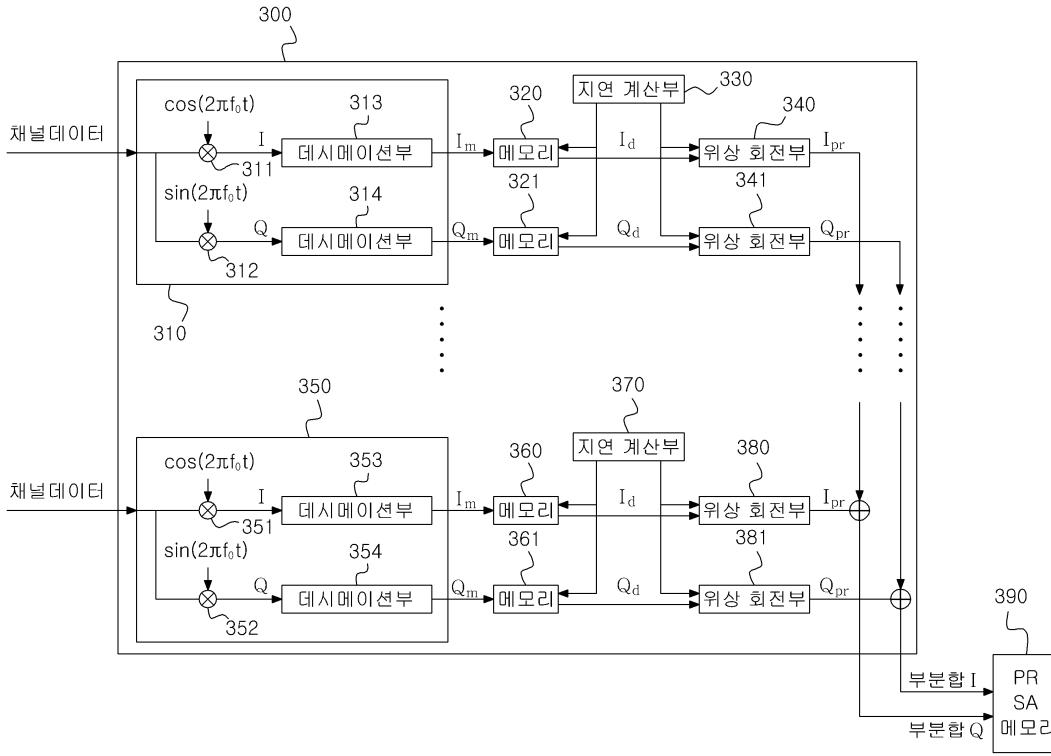
도면1



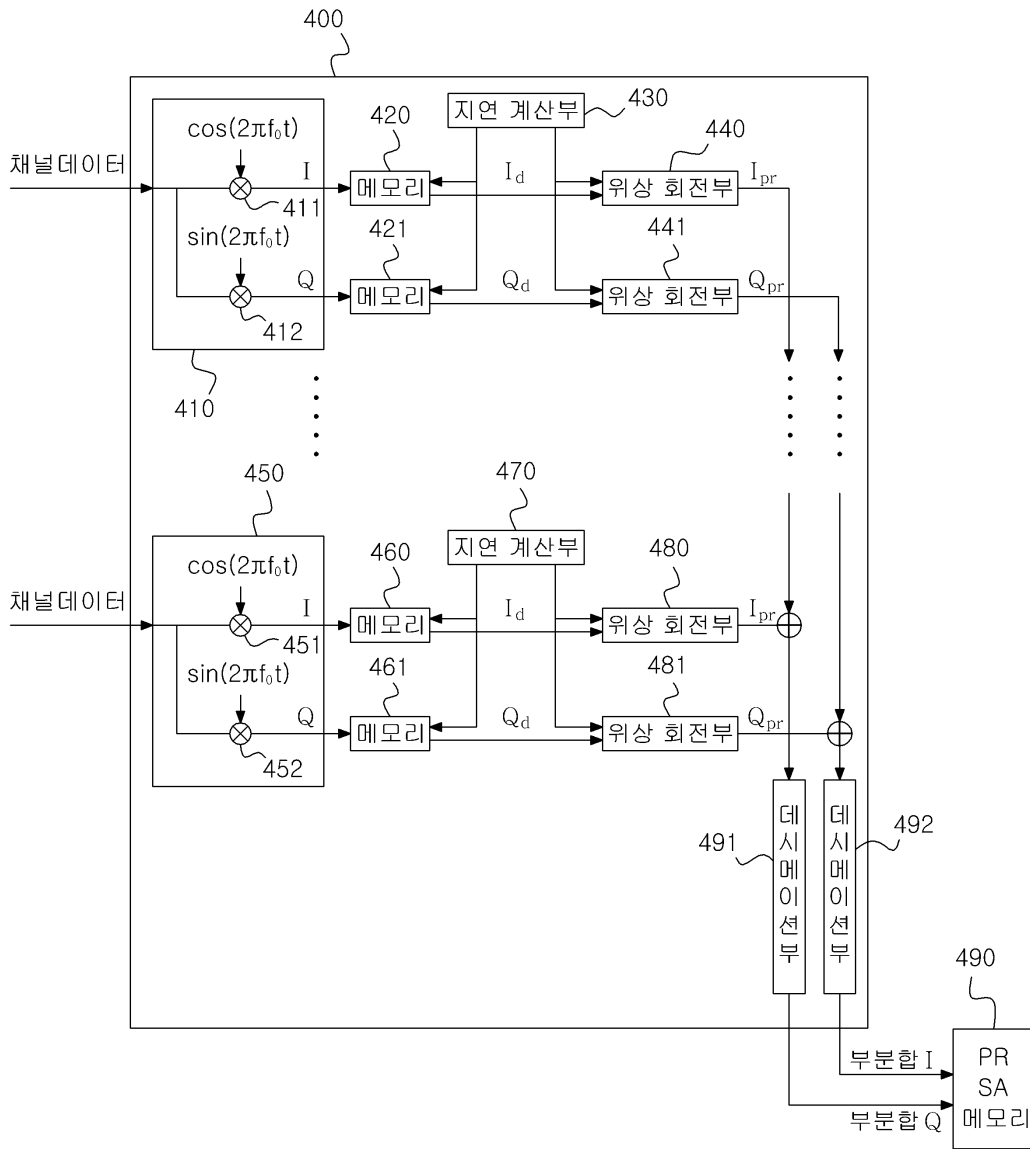
도면2



도면3



도면4



도면5

