



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0087793
(43) 공개일자 2019년07월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 8/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류
A61B 8/4444 (2013.01)
A61B 8/4494 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0006039
(22) 출원일자 2018년01월17일
심사청구일자 2018년01월17일

(71) 출원인
한국수력원자력 주식회사
경상북도 경주시 양북면 불국로 1655

(72) 발명자
이대훈
대전광역시 유성구 지족북로 33, 101동 3503호(지족동, 한화꿈에그린 1블럭)

김용식
대전광역시 유성구 지족로 343, 204동 304호(지족동, 반석마을아파트2단지)
(뒷면에 계속)

(74) 대리인
팬코리아특허법인

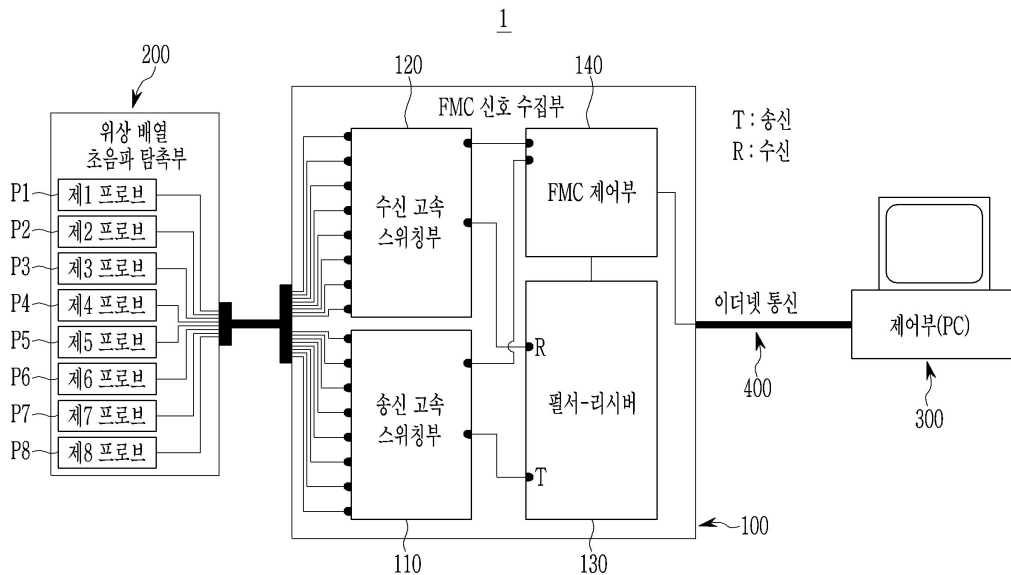
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 위상배열 초음파 검사 장치

(57) 요약

본 발명의 목적은 위상배열 초음파 탐상부와 FMC 신호 수집주를 적용하므로 초음파 검사 장치를 단순화 및 소형화하고, FMC(Full Matrix Capture) 기법으로 초음파 신호를 수집 가능하게 하며, 후처리를 통하여 일반적인 위상배열 초음파와 동등한 성능의 검사 결과를 가지게 하는 위상배열 초음파 검사 장치를 제공하는 것이다. 본 발명의 일 실시예에 따른 위상배열 초음파 검사 장치는, 각각 압전소자를 가지는 복수개의 위상배열 초음파 프로브를 구비하는 위상배열 초음파 탐상부, 상기 초음파 탐상부로부터 FMC 데이터를 취득하는 FMC 신호수집부, 상기 FMC 신호수집부를 제어하고 수집된 FMC 신호를 후처리 하는 제어부(PC), 및 상기 FMC 신호수집부와 상기 제어부(PC)를 연결하여 제어 신호를 전송하는 이더넷 통신을 포함한다.

대표도



(52) CPC특허분류

A61B 8/54 (2013.01)

A61B 8/56 (2013.01)

(72) 발명자

유현주

대전광역시 대덕구 대덕대로 1555, 105동 3705호(
석봉동, 금강엑슬루타워)

이정석

대전광역시 서구 청사로 65, 115동 406호(월평동,
황실타운)

명세서

청구범위

청구항 1

각각 압전소자를 가지는 복수개의 위상배열 초음파 프로브를 구비하는 위상배열 초음파 탐촉부;
상기 초음파 탐촉부로부터 FMC(Full Matrix Capture) 데이터를 취득하는 FMC 신호수집부;
상기 FMC 신호수집부를 제어하고 수집된 FMC 신호를 후처리 하여 초음파 이미지를 생성하는 제어부; 및
상기 FMC 신호수집부와 상기 제어부를 연결하여 제어 신호를 전송하는 이더넷 통신
을 포함하는 위상배열 초음파 검사 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 FMC 신호수집부는
상기 위상배열 초음파 탐촉부의 상기 프로브와 선택적으로 연결되는 송신 고속 스위칭부와 수신 고속 스위칭부,
상기 송신 고속 스위칭부와 상기 수신 고속 스위칭부에 연결되어 초음파 신호를 발생 및 취득하는 적어도 한 개
의 펄서-리시버, 및
상기 펄서-리시버로부터 취득되는 신호에 따라 상기 송신 고속 스위칭부와 상기 수신 고속 스위칭부를 제어하여
원하는 채널로 연결하는 FMC 제어부
를 포함하는 위상배열 초음파 검사 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,
상기 FMC 신호수집부는
상기 위상배열 초음파 탐촉부의 상기 프로브의 개별 압전소자에 대하여, 상기 송신 고속 스위칭부와 상기 수신
고속 스위칭부를 각각 연결하여,
상기 개별 압전소자 전체를 상대로 하는 모든 송수신 조합에 대한 초음파 신호로부터 FMC 데이터를 취득하는
위상배열 초음파 검사 장치.

청구항 4

제2항에 있어서,
상기 FMC 제어부는
상기 제어부(PC)에서 FMC 데이터 취득을 위한 신호취득순서를 전송 받도록 연결되고,
상기 신호취득순서에 따라서 상기 송신 고속 스위칭부와 상기 수신 고속 스위칭부를 스위칭 하여 조정하도록
각 채널로 연결되는

위상배열 초음파 검사 장치.

청구항 5

제2항에 있어서,
 상기 송신 고속 스위칭부 및 상기 수신 고속 스위칭부는
 상기 위상배열 초음파 탐촉부의 상기 프로브의 개별 압전소자 전체를 스위칭하도록
 상기 펄서-리시버와 상기 FMC 제어부에
 각 채널로 연결되는
 위상배열 초음파 검사 장치.

청구항 6

제2항에 있어서,
 상기 제어부는
 상기 FMC 제어부에 상기 이더넷 통신으로 연결되어 FMC 데이터 세트를 전송 받고, 신호를 후처리 하여 위상배열
 초음파 이미지를 생성하는
 위상배열 초음파 검사 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 위상배열 초음파 검사 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 소수의 펄서-리시버를 이용하여 FMC(Full Matrix Capture) 기법으로 초음파 신호를 수집 및 후처리 하면서, 일반적인 위상배열 초음파와 동등한 성능의 검사를 가능하게 하는 위상배열 초음파 검사 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 알려진 바와 같이, 위상배열 초음파 검사(phased array ultrasonic testing) 기술은 다수의 압전소자를 배열하고, 각 소자에 인가하는 펄스의 시간지연(time delay)을 조절함으로써, 각각의 압전소자에서 발생된 파면의 상호 보강 간섭을 통하여 초음파 빔 에너지의 전파 방향과 집속 위치를 전자적으로 제어할 수 있는 기술이다.

[0003] 위상배열 초음파 검사 기술은 넓은 검사영역에 탐촉자를 재배치하지 않고 빔 조향을 통해서 한 번에 다양한 굴절각도로 검사할 수 있기 때문에 검사시간을 단축할 수 있으며, 형상이나 용접부에 의해 검사영역이 제한된 대상에 대하여도 탐촉자의 이동을 최소화하여 적용할 수 있다.

[0004] 또한, 위상배열 초음파 검사 기술은 감도 및 신호대 잡음비가 향상되고, 형상이 복잡한 검사 대상에 대해서 검사 결과를 2, 3차원 영상 형태의 직관적인 정보를 출력하기 때문에 신호 분석 및 결함 판정에 유리함을 가진다. 이를 통해 검사의 신뢰도 및 신속성이 향상될 수 있다.

[0005] 일례를 들면, 위상배열 초음파 시스템은 아날로그 초음파 신호를 송수신하는 다채널 초음파 펄서-리시버, 송수신 빔 집속장치의 작동을 제어하는 주제어기(FPGA & controller), 주제어기에 의해 동기화된 제어신호에 따라 탐촉자 구성 압전소자를 가진 하는 시간을 조절함으로써 배열 초음파 탐촉자에서 발진하는 초음파 빔의 방향과 집속점을 조절하는 송신 빔 집속장치(transmit beam former), 수신된 다채널 초음파 신호를 디지털 변환한 후 수집 시간차를 조절하여 집속된 형태의 초음파 신호로 변환하는 수신 빔 집속장치(receive beam former), 및 위상배열 초음파 시스템의 전체를 운용하고, 신호수집 컴퓨터(PC)와의 통신을 담당하는 제어부(CPU)로 구성된다.

[0006] 위상배열 초음파 기술의 주된 특징은 하나의 압전소자를 이용하여 고정된 검사 각도로 검사를 수행하는 기존의 검사방법에서 탈피하여, 다수의 압전소자를 배열하고 각각의 압전소자에 인가하는 펄스의 시간지연(time dela

y)을 조절함으로써 초음파 빔의 특성을 전자적으로 제어할 수 있다는 점이다.

- [0007] 위상배열 초음파 검사는 각각의 진동자 및 압전소자에 펄스를 인가하는 시간에 대한 공식을 담은 포컬로(focal law)를 생성하고, 위상배열 초음파 탐상 장치에서 탐촉자에 포컬로를 적용함으로써, 다양한 검사각도와 깊이에 초음파 빔을 집속할 수 있다.
- [0008] 포컬로는 검사 구성, 조사 각도, 썸(wedge), 탐촉자 형식 등의 인자에 의존한다. 이와 같이 계산된 포컬로에 따라 위상배열 초음파 시스템의 송신 빔 집속장치에서 각각의 진동자에 계산된 시간지연을 주어서 가진하고, 반사된 신호에 의해 각 진동자에서 발생된 신호도 계산된 시간지연으로 수신 빔 집속장치에서 합산한다. 이러한 과정을 관심영역에 대한 모든 검사 각도에 대하여 반복적으로 수행하며, 결과로 초음파 이미지를 구성할 수 있다.
- [0009] 이와 같이 획득되는 초음파 이미지는 결함 특성에 관한 다양한 정보를 획득해 줄 뿐만 아니라 일반적인 초음파 검사 방법 대비하여 분해능과 선명도가 향상된 영상을 획득할 수 있기 때문에 평가자로 하여금 결함 크기 측정 및 판정에 있어 많은 정보를 제공함으로써 검사 신뢰성을 향상시킬 수 있다.
- [0010] 위상배열 초음파 장치는 다수의 압전소자를 가진하기 위한 다채널 초음파 펄서-리시버, 개별 소자에 계산된 시간지연을 가지고 가진하기 위한 송신 빔 집속장치, 압전소자로 수신된 신호를 다시 시간지연을 주어 합산하기 위한 수신 빔 집속장치, 및 이를 통합적으로 정밀하게 제어하기 위한 주제어기로 구성된다.
- [0011] 이와 같이, 위상배열 초음파 장치는 상당히 복잡하고, 높은 수준의 하드웨어 기술을 요구하기 때문에 일반 초음파 탐상 장치에 비하여 고가이고, 소형화가 어렵다는 단점을 가진다. 특히, 장거리에 있거나 협소한 공간에 있는 검사체에 위상배열 초음파 검사를 하기 위하여 원격검사를 수행하는 경우, 위상배열 초음파 장비를 검사체 근처에서 위치시키기 어려워진다.
- [0012] 또한 방사선 피폭 우려가 되는 곳이나 장비의 설치가 열악하고 협소한 장소에서는 고가의 장비를 설치하여 검사하는 것은 비용적으로 많은 문제가 발생한다. 이 경우, 탐촉자와 위상배열 초음파 장비를 먼 거리로 이격시켜야 하는 상황이 발생할 수 있다. 이때, 긴 탐촉자 케이블을 통하여 위상배열 초음파 탐촉자에 연결하기 때문에 탐촉자 케이블의 긴 길이로 인하여 초음파 신호가 감쇠하고, 이로 인하여 신호 대 잡음비가 나빠져 신호품질이 저하될 수 있다.
- [0013] 그리고 전자 초음파 탐촉자(EMAT; Electro Magnetic Acoustic Transducer)를 이용한 검사에서는 튜너스트(tune burst) 형태의 고출력 펄서 신호가 필요한데, 이러한 경우, 특수한 형태의 펄서-리시버가 필요하다. 이러한 특수 펄서-리시버는 대부분 고가이고 부피가 크기 때문에 위상배열 초음파 검사의 형태로 구현하는데 어려움이 많다

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0014] 본 발명의 목적은 소수의 초음파 펄서-리시버와 송/수신 고속 스위칭부를 이용하는 위상배열 초음파 검사 장치를 제공하는 것이다. 본 발명의 목적은 위상배열 초음파 탐상부와 FMC 신호수집부를 적용하므로 초음파 검사 장치를 단순화 및 소형화하고, FMC(Full Matrix Capture) 기법으로 초음파 신호를 수집 가능하게 하며, 후처리를 통하여 일반적인 위상배열 초음파와 동등한 성능의 검사 결과를 가지게 하는 위상배열 초음파 검사 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0015] 본 발명의 일 실시예에 따른 위상배열 초음파 검사 장치는, 각각 압전소자를 가지는 복수개의 위상배열 초음파 프로브를 구비하는 위상배열 초음파 탐촉부(200), 상기 초음파 탐촉부(200)로부터 FMC(Full Matrix Capture) 데이터를 취득하는 FMC 신호수집부(100), 상기 FMC 신호수집부(100)를 제어하고 수집된 FMC 신호를 후처리 하여 초음파 이미지를 생성하는 제어부(PC)(300), 및 상기 FMC 신호수집부와 상기 제어부(PC)를 연결하여 제어 신호를 전송하는 이더넷 통신(400)을 포함한다.
- [0016] 상기 FMC 신호수집부(100)는 상기 위상배열 초음파 탐촉부(200)의 상기 프로브와 선택적으로 연결되는 송신 고속 스위칭부(110)와 수신 고속 스위칭부(120), 상기 송신 고속 스위칭부(110)와 상기 수신 고속 스위칭부(120)에 연결되어 초음파 신호를 발생 및 취득하는 적어도 한 개의 펄서-리시버(130), 및 상기 펄서-리시버(130)로부

터 취득되는 신호에 따라 상기 송신 고속 스위칭부(110)와 상기 수신 고속 스위칭부(120)를 제어하여 원하는 채널로 연결하는 FMC 제어부(140)를 포함할 수 있다.

- [0017] 상기 FMC 신호수집부(100)는 상기 위상배열 초음파 탐측부(200)의 상기 프로브의 개별 압전소자에 대하여, 상기 송신 고속 스위칭부(110)와 상기 수신 고속 스위칭부(120)를 각각 연결하여, 상기 개별 압전소자 전체를 상대로 하는 모든 송수신 조합에 대한 초음파 신호로부터 FMC 데이터를 취득할 수 있다.
- [0018] 상기 FMC 제어부(140)는 상기 제어부(PC)(300)에서 FMC 데이터 취득을 위한 신호취득순서를 전송 받도록 연결되고, 상기 신호취득순서에 따라서 상기 송신 고속 스위칭부와 상기 수신 고속 스위칭부를 스위칭 하여 조정하도록 각 채널로 연결될 수 있다.
- [0019] 상기 송신 고속 스위칭부(110) 및 상기 수신 고속 스위칭부(120)는 상기 위상배열 초음파 탐측부(200)의 상기 프로브의 개별 압전소자 전체를 스위칭하도록 상기 펄서-리시버(130)와 상기 FMC 제어부(140)에 각 채널로 연결될 수 있다.
- [0020] 상기 제어부(PC)(300)는 상기 FMC 제어부(140)에 상기 이더넷 통신(400)으로 연결되어 FMC 데이터 세트를 전송 받고, 신호를 후처리 하여 위상배열 초음파 이미지를 생성할 수 있다.

발명의 효과

- [0021] 이와 같은 본 발명의 일 실시예는 초음파 탐측부와 FMC 신호수집부를 적용하므로 초음파 검사 장치를 단순화 및 소형화하고, FMC 기법으로 초음파 신호를 수집하여 후처리 하므로 일반적인 위상배열 초음파와 동등한 성능의 검사 결과를 얻을 수 있다.
- [0022] 일 실시예는 FMC 신호수집부에 송, 수신 고속 스위칭부, 펄서-리시버 및 FMC 제어부를 구비하여 초음파 신호를 수집하여 제어부에서 초음파 신호를 후처리 하므로 종래의 위상배열 초음파 장비에서 하드웨어적으로 요구되었던 송, 수신 빔 집속장치를 필요로 하지 않고, 다채널이 아닌 한 개 또는 소수의 펄서-리시버로도 구현할 수 있으므로 초음파 검사 장치를 소형화 및 단순화를 구현할 수 있고, 이로 인해 장비의 가격을 저감할 수도 있다.
- [0023] 수집된 FMC 신호는 가공되지 않은 다양한 정보를 가진 데이터이기 때문에 후처리를 통해 기존 위상배열 초음파 검사와 동등한 영상뿐만 아니라 기존 위상배열 초음파 장비로 구현하지 못하는 TFM(Total Focusing Method) 이미지 등 다양한 초음파 영상을 합성할 수 있게 한다.
- [0024] 일 실시예는 장치를 소형화 하고 신호를 이더넷 통신으로 연결하므로 장거리에서도 제어부(PC)로 FMC 신호수집부를 상호 신호전송을 가능하게 한다. 따라서 신호 품질이 우수하게 유지되고, 기존의 위상배열 초음파 장비가 고가이고, 장비의 크기로 인하여 접근이 어려운 위치에 대해서도 원격으로 위상배열 초음파 검사가 가능하게 된다.
- [0025] 또한, 고가이고 대형인 특수한 펄서-리시버가 사용되는 검사에 있어서도, 한 개의 펄서-리시버와 송, 수신 고속 스위칭부를 사용하여 위상배열 초음파 검사가 가능하게 된다.

도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1은 본 발명의 제1실시예에 따른 위상배열 초음파 검사 장치의 구성도이다.
- 도 2는 FMC(Full Matrix Capture) 신호 수집 개념도이다.
- 도 3는 FMC 데이터 수집을 위한 초음파 송수신 순서를 도시한 표이다.
- 도 4는 FMC 데이터 수집을 위한 고속 스위칭 장치의 동작을 도시한 표이다.
- 도 5는 FMC 데이터를 초음파 이미지로 합성하기 위한 알고리즘을 예시하는 도면이다.
- 도 6은 FMC 데이터 세트와 후처리로 합성된 초음파 이미지를 예시하는 도면이다.
- 도 7은 본 발명의 제2실시예에 따른 위상배열 초음파 검사 장치(를 이용하여 구현된 원격 검사 장치)의 구성도이다.
- 도 8은 본 발명의 제3실시예에 따른 위상배열 초음파 검사 장치(EMAT 탐측자가 배열된 상태에서 특수 펄서-리시버를 이용)의 구성도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대해 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 동일 또는 유사한 구성요소에 대해서는 동일한 참조부호를 붙였다.
- [0028] 도 1은 본 발명의 제1실시예에 따른 위상배열 초음파 검사 장치의 구성도이다. 도 1을 참조하면, 제1실시예의 위상배열 초음파 검사 장치(1)는 위상배열 초음파 탐촉부(200), FMC 신호수집부(100), 제어부(일례로써, PC)(300) 및 이더넷 통신(400)을 포함한다.
- [0029] FMC 신호수집부(100)와 제어부(PC)(300)는 이더넷 통신(400)으로 연결되어 초음파 검사 장치(1)를 제어하고 신호를 전송할 수 있다. 이더넷 통신(400)은 무선통신으로 대체될 수도 있으므로, 본 실시예에서 이더넷 통신(400)은 무선통신을 포함한다.
- [0030] 위상배열 초음파 탐촉부(200)는 각각 압전소자를 가지는 복수 개의 위상배열 초음파 프로브를 구비한다. 본 실시예는 8개의 위상배열 초음파 프로브, 즉 제1프로브(P1) 내지 제8프로브(P8)를 예시하고 있다. 제1프로브(P1) 내지 제8프로브(P8) 각각의 압전소자는 FMC 신호수집부(100)의 연결에 따라 송신소자 또는 수신소자로 작동된다.
- [0031] FMC 신호수집부(100)는 초음파 탐촉부(200)로부터 FMC(Full Matrix Capture) 데이터를 취득한다. 제어부(PC)(300)는 FMC 신호수집부(100)를 제어하고 수집된 FMC 신호를 후처리 하여, 초음파 이미지를 생성한다. 이더넷 통신(400)은 FMC 신호수집부(100)와 제어부(PC)(300)를 연결하여 제어 신호를 전송한다.
- [0032] FMC 신호수집부(100)는 송신 고속 스위칭부(110)와 수신 고속 스위칭부(120), 펄서-리시버(130) 및 FMC 제어부(140)를 포함한다. 송신 고속 스위칭부(110)와 수신 고속 스위칭부(120)는 FMC 제어부(140)의 제어에 따라 위상배열 초음파 탐촉부(200)의 제1~제8프로브(P1~P8)를 선택적으로 스위칭 한다.
- [0033] 펄서-리시버(130)는 적어도 한 개로 구비되어, 송신 고속 스위칭부(110)와 수신 고속 스위칭부(120)에 연결되어, 초음파 신호를 발생 및 취득한다. 경우에 따라, 펄서-리시버(130)는 추가되어 복수 개로 구비될 수 있다. 펄서-리시버(130)가 추가되는 경우, 초음파 검사 속도가 향상될 수 있다.
- [0034] FMC 제어부(140)는 펄서-리시버(130)로부터 취득되는 신호에 따라 송신 고속 스위칭부(110)와 수신 고속 스위칭부(120)를 제어하여, 펄서-리시버(130)를 원하는 채널로 초음파 탐촉부(200)에 연결한다.
- [0035] FMC 신호수집부(100)는 위상배열 초음파 탐촉부(200)의 제1~제8프로브(P1~P8)의 개별 압전소자에 대하여, 송신 고속 스위칭부(110)와 수신 고속 스위칭부(120)를 각각 연결하여, 개별 압전소자 전체를 상대로 하는 모든 송수신 조합에 대한 초음파 신호로부터 FMC 데이터를 취득한다.
- [0036] FMC 제어부(140)는 제어부(PC)(300)에서 FMC 데이터 취득을 위한 신호취득순서를 전송 받도록 제어부(PC)(300)에 연결되고, 제어부(300)로부터의 신호취득순서 및 펄서-리시버(130)로부터의 취득 신호에 따라서 송신 고속 스위칭부(110)와 수신 고속 스위칭부(120)를 스위칭 하여 조정하도록 각 채널로 연결된다.
- [0037] 그리고 송신 고속 스위칭부(110) 및 수신 고속 스위칭부(120)는 위상배열 초음파 탐촉부(200)의 제1~제8프로브(P1~P8)의 개별 압전소자를 선택적으로 스위칭하도록 펄서-리시버(130)와 FMC 제어부(140)에 각 채널로 연결된다. 이를 위하여, 송신 고속 스위칭부(110)와 수신 고속 스위칭부(120)는 제1~제8프로브(P1~P8)에 각 채널로 연결된다.
- [0038] 제어부(PC)(300)는 FMC 제어부(140)에 이더넷 통신(400)으로 연결되어 FMC 데이터 세트를 전송 받고, 신호를 후처리 하여 위상배열 초음파 이미지를 생성한다.
- [0039] 제1실시예는 하나 또는 소수의 초음파 펄서-리시버(130)와 송/수신 고속 스위칭부(110, 120)를 이용하므로 초음파 검사 장치(1)를 단순화 및 소형화할 수 있다. 그리고 제1실시예는 FMC 기법으로 FMC 데이터 세트(초음파 신호)를 전송 받고, 취득된 데이터를 후처리 함으로써, 일반적인 위상배열 초음파 검사와 동등한 성능의 검사를 가능하게 한다.
- [0040] 도 2는 FMC(Full Matrix Capture) 신호 수집 개념도이다. 도 2를 참조하면, FMC 기술은 위상배열 초음파 신호

수집 기술로써, 각 제1~제8프로브(P1~P8)의 압전소자에 인가하는 시간 지연이 없이, 제1~제8프로브(P1~P8) 중 하나의 개별 압전소자의 진동자가 송신(송신소자)한 초음파를 제1~제8프로브(P1~P8)의 모든 압전소자의 진동자가 수신(수신소자)하는 방식이다.

- [0041] 따라서 FMC 기술은 위상배열 초음파 탐측부(200)의 제1~제8프로브(P1~P8)에서 사용하고자 하는 개별 압전소자의 모든 송수신 조합의 시간 도메인 신호(A-scan) 데이터를 수집하는 기법이다.
- [0042] FMC 기술에서 수집된 데이터는 제어부(300)에서 후처리를 통하여 가상적으로 조향 및 집속된 초음파 신호로 합성될 수 있다. 후처리를 통해 기존 위상배열 초음파의 신호와 동등한 신호로 합성이 가능하며, 이 동등성은 많은 연구로 통해 증명되었다.
- [0043] 시험체의 단면적을 나타내는 평면 B스캔(plane B-scan), 초점식 B스캔(focused B-scan), 부채꼴 B스캔(sector B-scan) 등과 같이 기존 위상배열 초음파에서 구현 가능한 결과 영상들은 FMC 데이터의 후처리를 통해 동일하게 구현될 있다.
- [0044] 또한 FMC 데이터로만 합성이 가능한, 가상적으로 관심영역 모든 지점에 초음파를 집속시킨 영상인 TFM(Total Focusing Method) 영상을 합성할 수도 있다. TFM 영상은 기존 일반 위상배열 초음파 이미지에 비하여 개선된 선명도, 분해능, 및 신호 대 잡음비를 가진다.
- [0045] 다시 도 2를 참조하면, FMC 신호 수집은 제1~제8프로브(P1~P8) 중 한 프로브 압전소자의 진동자(송신소자)에서 송신하고, 제1~제8프로브(P1~P8)의 모든 진동자(수신소자)에서 수신하는 것을 도시하고 있다.
- [0046] 그러나 한 프로브 압전소자의 진동자에서 송신하고 한 프로브 압전소자의 진동자에서 수신하는 방식을 고속 스위칭으로 반복하여 모든 프로브 압전소자의 조합에 대하여 수행하게 되면, FMC 데이터의 취득이 가능하게 된다.
- [0047] 따라서 일반 위상배열 초음파 장치의 다채널의 펄서-리시버가 아닌 한 개 또는 소수의 펄서-리시버로도 위상배열 초음파 탐측부(200)의 프로브의 압전소자들을 고속 스위칭 하므로 FMC 데이터의 수집이 가능하게 된다.
- [0048] 또한 FMC 기술은 하드웨어적으로 시간지연에 따른 초음파 가진과 신호 합산 과정을 필요로 하지 않기 때문에 종래의 송/수신 빔 집속장치를 필요로 하지 않고, 다채널이 아닌 소수의 펄서-리시버로도 구현이 가능하다. 따라서 초음파 검사 장치(1)의 소형화 및 단순화가 가능하다. 이로 인하여 장비의 가격이 저감될 수도 있다.
- [0049] 도 3는 FMC 데이터 수집을 위한 초음파 송수신 순서를 도시한 표이다. 도 3을 참조하면, 일례로써, 제어부(300)는 FMC 데이터 취득을 위하여 정해진 신호 취득 순서를 FMC 제어부(140)로 전송한다. FMC 제어부(140)는 신호 취득 순서에 따라 송, 수신 고속 스위칭 장치(110, 120)를 원하는 채널로 초음파 탐측부(200)의 제1~제8프로브(P1~P8) 압전소자를 송신소자 또는 수신소자로 연결한다.
- [0050] 도 4는 FMC 데이터 수집을 위한 고속 스위칭 장치의 동작을 도시한 표이다. 도 3 및 도 4를 참조하면, N개의 압전소자를 가지는 위상배열 초음파 탐측부(200)에 대하여, FMC 데이터를 취득하기 위하여 FMC 신호수집부(100)의 송/수신 고속 스위칭부(110, 120)는 신호 취득 순서에 따라 초음파 탐측부(200)의 제1~제8프로브(P1~P8) 압전소자를 고속 스위칭 한다.
- [0051] 첫 번째(#1)에서, 송신 고속 스위칭부(110)는 제1프로브(P1)의 압전소자(송신소자)에 연결되고, 수신 고속 스위칭부(120)는 제2프로브(P2)의 압전소자(수신소자)에 연결되어, 송, 수신 고속 스위칭 동작한다. 이 상태에서 펄서-리시버(130)는 초음파 신호를 발생 및 신호를 취득하고, 취득된 초음파 신호를 이더넷 통신(400)으로 제어부(300)에 전송한다.
- [0052] 두 번째(#2)에서, 송신 고속 스위칭부(110)는 제1프로브(P1)의 압전소자(송신소자)에 그대로 연결되어 있고, 수신 고속 스위칭부(120)는 제2프로브(P2)의 압전소자(수신소자)에 연결되어, 송, 수신 고속 스위칭 동작한다. 이 상태에서 펄서-리시버(130)는 초음파 신호를 발생 및 신호를 취득하고, 취득된 초음파 신호를 이더넷 통신(400)으로 제어부(300)에 전송한다.
- [0053] 세 번째(#3)에서, 송신 고속 스위칭부(110)는 제1프로브(P1)의 압전소자(송신소자)에 그대로 연결되어 있고, 수신 고속 스위칭부(120)는 제3프로브(P3)의 압전소자(수신소자)에 연결되어, 송, 수신 고속 스위칭 동작한다. 이 상태에서 펄서-리시버(130)는 초음파 신호를 발생 및 신호를 취득하고, 취득된 초음파 신호를 이더넷 통신(400)으로 제어부(300)에 전송한다.
- [0054] 송신 고속 스위칭부(110)는 제1프로브(P1)의 압전소자(송신소자)에 그대로 연결되어 있고, 수신 고속 스위칭부(120)는 N 번째 제N프로브(PN)의 압전소자(수신소자)까지 순차적으로 연결되어, 송, 수신 고속 스위칭

동작한다. 이 상태에서 펄서-리시버(130)는 초음파 신호를 발생 및 신호를 취득하고, 취득된 초음파 신호를 이더넷 통신(400)으로 제어부(300)에 전송한다.

[0055] 이와 같이, 첫 번째에서 N 번째까지 수신 고속 스위칭부(120)를 제1프로브(P1)의 압전소자(수신소자)에서 제N프로브(PN)의 압전소자(수신소자)까지 순차적으로 연결하여, 송, 수신 고속 스위칭 동작하여, 초음파 신호를 취득한다.

[0056] N+1번째(#N+1)에서는, 송신 고속 스위칭부(110)는 제2프로브(P2)의 압전소자(송신소자)로 스위칭 하여 연결되고, 수신 고속 스위칭부(120)를 제1프로브(P1)의 압전소자(수신소자)로부터 제N프로브(PN)의 압전소자(수신소자)까지 순차적으로 스위칭 하여, 초음파 신호를 취득한다.

[0057] 이러한 절차는 위상배열 초음파 탐측부(200)에서 사용하고자 하는 개별 압전소자에 대해 모든 송수신 조합의 초음파 신호를 취득할 수 있도록 스위칭 하여 초음파 신호를 취득하게 한다.

[0058] N개의 압전소자를 가지는 위상배열 초음파에 대하여 총 N번의 신호취득을 수행한다. 본 실시예는 순차적으로 진행하며 초음파 신호를 취득하는 순서를 예시하고 있지만, 개별 압전소자 전체를 상대로 하는 모든 송수신 조합에 대한 초음파 신호를 취득할 수 있고, 그 순서가 사전에 설정되어 있다면 어떠한 순서로 진행되어도 무방하다.

[0059] 도 5는 FMC 데이터를 초음파 이미지로 합성하기 위한 알고리즘을 예시하는 도면이다. 도 5를 참조하면, 부채꼴 B스캔(Sector B-scan)(a)과 TFM 이미지를 합성하기 위한 알고리(b)즘 수학적 1 및 수학적 2가 예시되어 있다.

[0060] 본 실시예 외에도 수집된 FMC 신호는 가공되지 않은 다양한 정보를 가진 데이터이기 때문에 FMC 데이터 세트를 이용하여 그 목적에 맞게 다양한 초음파 이미지를 합성할 수 있다.

수학적 1

$$I(r, \theta) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N y_{i,j} \left(\frac{2r}{c} - t_i(\theta) - t_j(\theta) \right)$$

[0061]

[0062] 수학적 1 및 도 5의 부채꼴 B스캔에서, c는 검사 대상 재질의 초음파 속도이고, θ 는 검사 각도이며, $t_n(\theta)$ 은 검사 각도(θ)에 대해 제N프로브(PN) 압전소자에 지정되는 시간 지연값이다.

수학적 2

$$\begin{aligned} d_{i,j}(x, z) &= L_i + L_j \\ &= \sqrt{(x - x_i)^2 + z^2} + \sqrt{(x - x_j)^2 + z^2} \end{aligned}$$

$$t_{i,j}(x, z) = \frac{d_{i,j}(x, z)}{c}$$

$$I(x, z) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N y_{i,j} (t_{i,j}(x, y))$$

[0063]

[0064] 수학적 2 및 도 5의 TFM 이미지에서, x, y는 이미지 좌표이고, x_n 은 제N프로브(PN) 압전소자의 위치이다.

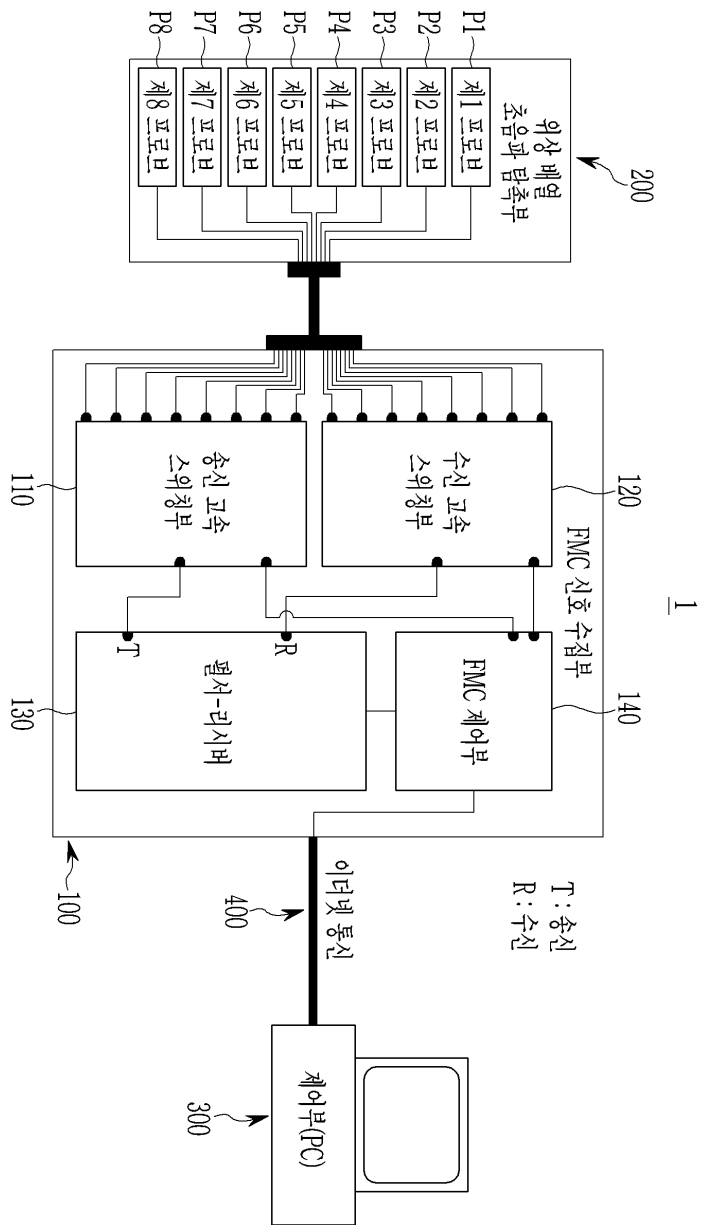
[0065] 도 6은 FMC 데이터 세트와 후처리로 합성된 초음파 이미지를 예시하는 도면이다. 도 3 및 도 4와 같은 순서로 순차적으로 취득된 FMC 데이터 세트(a)는 제어부(PC)(300)의 소프트웨어에서 후처리를 통하여 초음파 이미지를 생성할 수 있다(b, c).

- [0066] 일례로써, 제어부(300)는 FMC 제어부(140)로부터 전송되는 FMC 데이터 세트(a)를 부채꼴 B스캔(Sector B-scan) 이미지(b)로 후처리로 합성하거나, TFM 이지지(c)로 합성한다. 후처리된 이미지(b, c)는 종래의 위상배열 초음파의 신호와 동등한 신호로 합성됨을 확인할 수 있다.
- [0067] 이하에서 본 발명의 다양한 실시예들에 대하여 설명한다, 제1실시예와 비교하여 동일한 구성에 대한 설명을 생략하고 서로 다른 구성에 대하여 설명한다.
- [0068] 도 7은 본 발명의 제2실시예에 따른 위상배열 초음파 검사 장치(를 이용하여 구현된 원격 검사 장치)의 구성도이다. 도 7을 참조하면, 제2실시예의 위상배열 초음파 검사 장치(2)에서, FMC 신호수집부(100)는 소형화될 수 있고, 이로 인하여 위상배열 초음파 탐촉부(200)와 FMC 신호수집부(100)를 연결하는 케이블의 길이가 단축될 수 있다.
- [0069] 이더넷 통신(400)은 디지털로 데이터를 송신하므로 신호의 감쇠를 방지하고 신호 품질을 유지하면서 FMC 신호수집부(100)와 제어부(300)에 대한 장거리 송신을 가능하게 한다. 즉 이더넷 통신(400)은 위상배열 초음파 탐촉부(200)와 FMC 신호수집부(100)에서 제어부(300)가 원거리에 위치하는 원격 검사를 가능하게 한다.
- [0070] 위상배열 초음파 탐촉부(200) 및 FMC 신호수집부(100)에서 수집된 FMC 신호는 이더넷 통신(400)으로 제어부(300)에 전송되고, 제어부(300)에서 후처리를 통하여 초음파 이미지를 생성할 수 있다. 이와 같이, 위상배열 초음파 검사가 가능하게 된다.
- [0071] 도 8은 본 발명의 제3실시예에 따른 위상배열 초음파 검사 장치(EMAT 탐촉자가 배열된 상태에서 특수 펄서-리시버를 이용)의 구성도이다.
- [0072] 도 8을 참조하면, 제3실시예의 위상배열 초음파 검사 장치(3)는 위상배열 초음파 탐촉부(800)에 EMAT(Electro Magnetic Acoustic Transducer) 탐촉자(P81~P88)를 구비하고, 특수한 펄서-리시버(830)을 구비한다.
- [0073] 펄서-리시버(830)는 FMC 신호수집부(100)의 외부에 구비되어 FMC 제어부(140)에 연결되어, 송, 수신 고속 스위칭부(110, 120)의 스위칭 순서에 따라 FMC 신호수집부(100)으로부터 초음파 발생 동기화 신호를 수신한다. 제3 실시예는 복수의 전자 초음파 탐촉자(P81~P88)와 한 개의 펄서-리시버(830)를 사용하는 경우에도 위상배열 초음파 형태의 검사가 가능하다는 것을 예시한다.
- [0074] 본 실시예는 8개의 EMAT 탐촉자, 즉 제1EMAT 탐촉자(P81) 내지 제8EMAT 탐촉자(P88)를 예시하고 있다. 제1EMAT 탐촉자(P81) 내지 제8EMAT 탐촉자(P88) 각각은 FMC 신호수집부(100)의 연결에 따라 송신소자 또는 수신소자로 작동된다.
- [0075] 이상을 통해 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 설명하였지만, 본 발명은 이에 한정되는 것이 아니고 특허청 구범위와 발명의 상세한 설명 및 첨부한 도면의 범위 안에서 여러 가지로 변형하여 실시하는 것이 가능하고 이 또한 본 발명의 범위에 속하는 것은 당연하다.

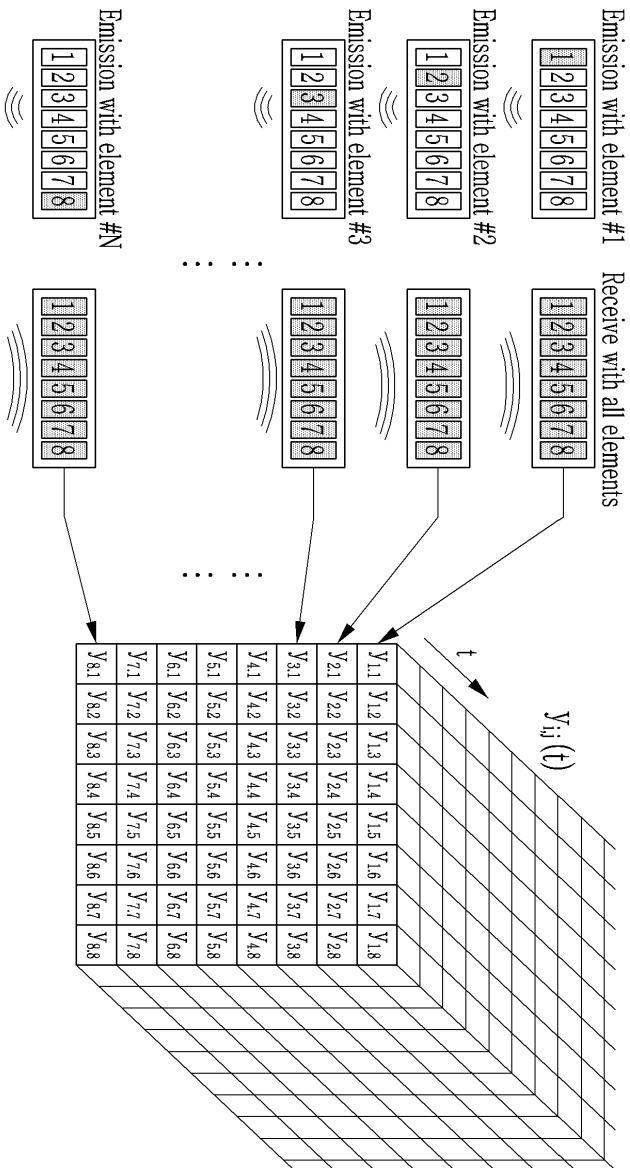
부호의 설명

- [0076] 100: FMC 신호수집부 110: 송신 고속 스위칭부
- 120: 수신 고속 스위칭부 130, 830: 펄서-리시버
- 140: FMC 제어부 200, 800: 위상배열 초음파 탐촉부
- 300: 제어부(PC) 400: 이더넷 통신
- P1~P8: 제1~제8프로브 P81~P88: EMAT 탐촉자

도면
도면1



도면2



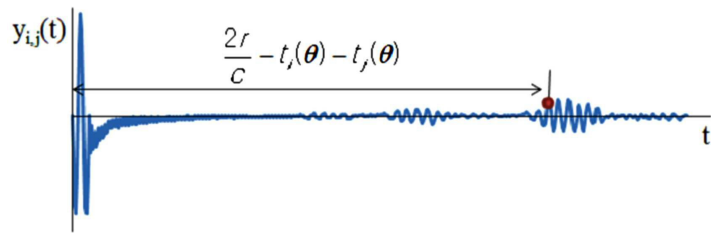
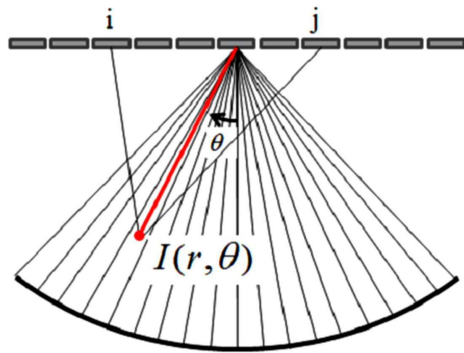
도면3

신호 취득 순서	송신 소자	수신 소자
#1	제1 프로브	제1 프로브
#2	제1 프로브	제2 프로브
#3	제1 프로브	제3 프로브
⋮	⋮	⋮
#N-1	제1 프로브	제N-1 프로브
#N	제1 프로브	제N 프로브
#N+1	제2 프로브	제1 프로브
#N+2	제2 프로브	제2 프로브
#N+3	제2 프로브	제3 프로브
⋮	⋮	⋮
#N×2	제2 프로브	제N 프로브
#N×2+1	제3 프로브	제1 프로브
⋮	⋮	⋮
#N ²	제N 프로브	제N 프로브

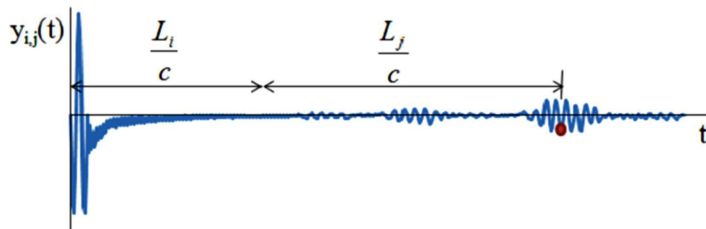
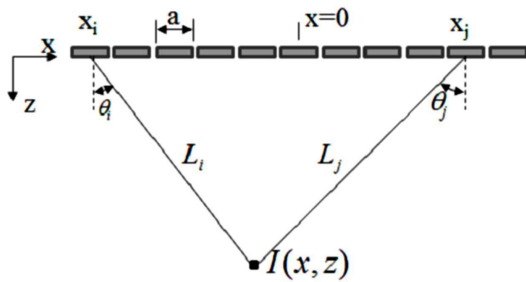
도면4

신호 취득 순서	송/수신 고속 스위칭부 동작도	연결 압전 소자	
		송신 소자	수신 소자
#1		제1 프로브	제1 프로브
#2		제1 프로브	제2 프로브
#N		제1 프로브	제N 프로브
#N+1		제2 프로브	제1 프로브
#N ²		제N 프로브	제N 프로브

도면5

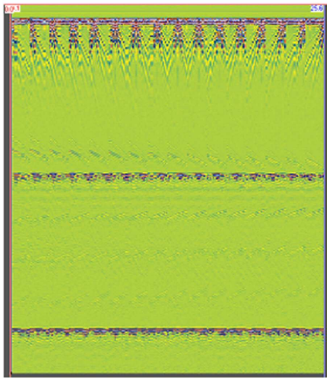


(a) 부채꼴 B스캔(Sector B-scan) 이미지 합성 알고리즘

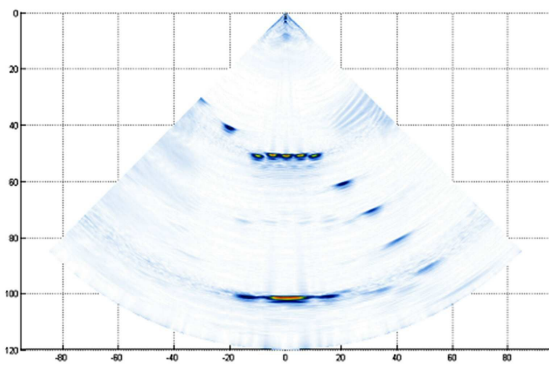


(b) TFM 이미지 합성 알고리즘

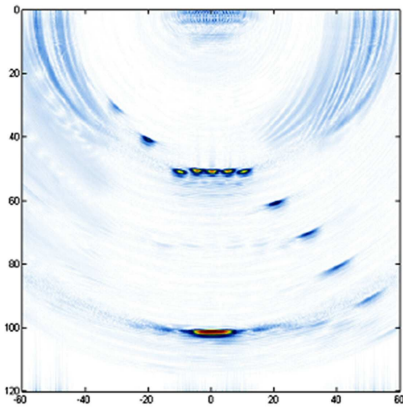
도면6



(a) FMC 데이터 세트

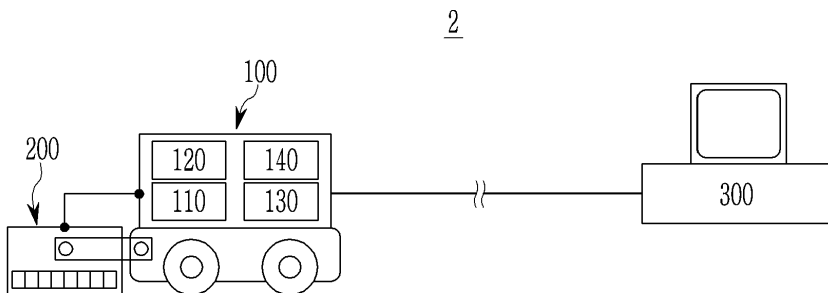


(b) 후처리된 부채꼴 B스캔(Sector B-scan) 이미지

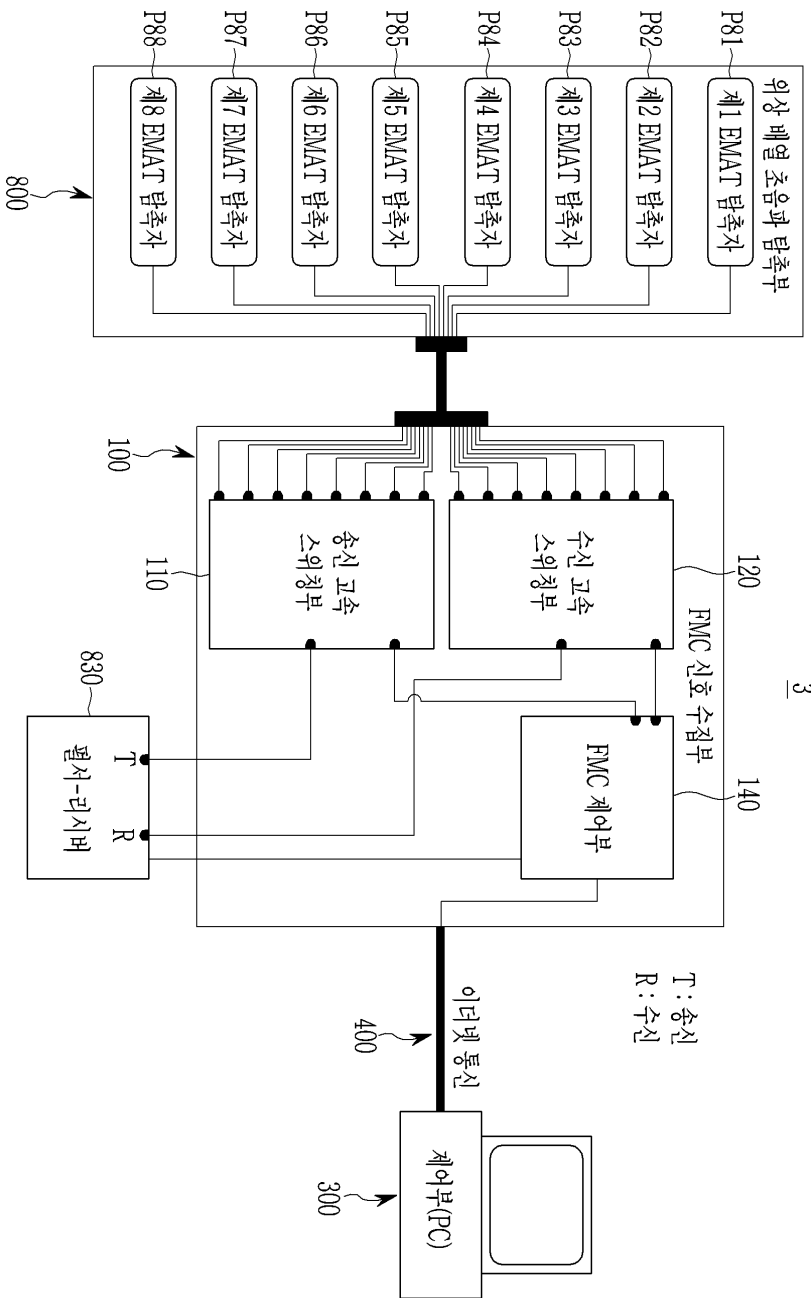


(c) 후처리된 TFM 이미지

도면7



도면8



专利名称(译)	相控阵超声系统		
公开(公告)号	KR1020190087793A	公开(公告)日	2019-07-25
申请号	KR1020180006039	申请日	2018-01-17
[标]申请(专利权)人(译)	韩国水力原子力株式会社		
申请(专利权)人(译)	韩国水力核电有限公司		
[标]发明人	이태훈 김용식 유현주 이정석		
发明人	이태훈 김용식 유현주 이정석		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/4444 A61B8/4494 A61B8/54 A61B8/56		
其他公开文献	KR102120466B1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明的目的是提供一种相控阵超声检查设备，其通过应用相控阵超声检查单元和全矩阵捕获(FMC)信号收集器来简化和小型化超声检查设备，所述全矩阵捕获(FMC)信号收集器能够通过使用FMC技术，通过后处理具有与一般相控阵超声波相同性能的检查结果。根据本发明的实施例，相控阵超声检查设备包括：相控阵超声探测器单元，其包括多个分别具有压电元件的相控阵超声探测器。FMC信号收集单元，用于从超声探头单元获取FMC数据；控制单元(PC)，用于控制FMC信号收集单元并对收集的FMC信号进行后处理；以太网通信单元，用于连接FMC信号采集单元和控制单元(PC)以发送控制信号。

