



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0050961
(43) 공개일자 2021년05월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H03F 1/32 (2006.01) G06N 3/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H03F 1/3241 (2013.01)
G06N 3/08 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0135603
(22) 출원일자 2019년10월29일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
정성훈
서울특별시 영등포구 가마산로 540, 103동 1403호(신길동)
김재범
경기도 수원시 영통구 삼성로 129(매탄동)
(74) 대리인
리앤목특허법인

전체 청구항 수 : 총 15 항

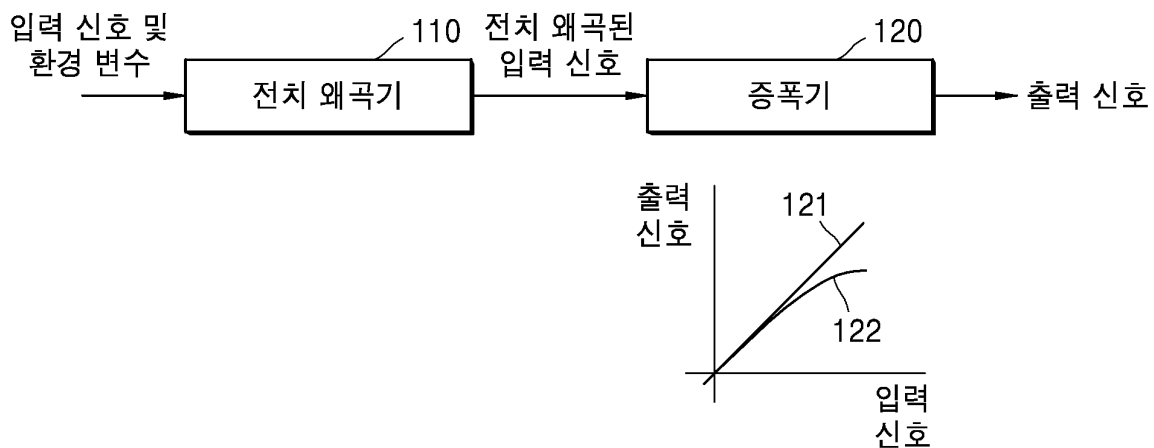
(54) 발명의 명칭 증폭기의 입력 신호를 처리하는 전자 장치 및 그 동작 방법

(57) 요약

복수의 서로 다른 환경에서 증폭기가 동작함에 따라 획득된, 증폭기에서 입출력된 신호 및 서로 다른 환경과 각각 대응되는 복수 개의 환경에 관한 정보에 기초하여, 증폭기의 입력 신호를 전치 왜곡시키도록 미리 학습된 신경망 모델을 이용하여, 증폭기의 입력 신호를 전치 왜곡시키는, 전치 왜곡기를 획득하고, 증폭기에 대한 입력 신호를 획득하고, 증폭기의 환경에 관한 정보를 획득하고, 획득된 환경 정보에 기초하여, 증폭기에 의해 처리되는 입력 신호에 대한 출력 신호가 왜곡되지 않도록, 전치 왜곡기를 이용하여, 입력 신호를 전치 왜곡시키고, 전치 왜곡된 입력 신호를 증폭기에 입력하는, 전자 장치에서, 증폭기의 입력 신호를 처리하는 방법이 제공된다.

대표도 - 도1

1000



(72) 발명자

구정우

경기도 수원시 영통구 삼성로 129(매탄동)

우영윤

경기도 수원시 영통구 삼성로 129(매탄동)

김영환

서울특별시 서대문구 연희로16길 19, 203호(연희동)

이충용

서울특별시 서초구 서운로 197, 108동 302호(서초동, 롯데캐슬클래식아파트)

명세서

청구범위

청구항 1

전자 장치에서, 증폭기의 입력 신호를 처리하는 방법에 있어서,

복수의 서로 다른 환경에서 상기 증폭기가 동작함에 따라 획득된, 상기 증폭기에서 입출력된 신호 및 상기 서로 다른 환경과 각각 대응되는 복수 개의 환경에 관한 정보에 기초하여, 상기 증폭기의 입력 신호를 전치 왜곡시키도록 미리 학습된 신경망 모델을 이용하여, 상기 증폭기의 입력 신호를 전치 왜곡시키는, 전치 왜곡기를 획득하는 단계;

상기 증폭기에 대한 입력 신호를 획득하는 단계;

상기 증폭기의 환경에 관한 정보를 획득하는 단계;

상기 획득된 환경 정보에 기초하여, 상기 증폭기에 의해 처리되는 상기 입력 신호에 대한 출력 신호가 왜곡되지 않도록, 상기 전치 왜곡기를 이용하여, 상기 입력 신호를 전치 왜곡시키는 단계; 및

상기 전치 왜곡된 입력 신호를 상기 증폭기에 입력하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 증폭기는, 적어도 하나의 입력 신호를 처리하여 적어도 하나의 출력 신호를 출력하는, 적어도 하나의 증폭기를 포함하는 증폭기 유닛이고,

상기 신경망 모델은,

상기 복수의 서로 다른 환경에서 획득된, 상기 증폭기 유닛에 입력되는 적어도 하나의 입력 신호, 상기 적어도 하나의 입력 신호에 대한 상기 증폭기 유닛의 적어도 하나의 출력 신호 및 상기 서로 다른 환경과 대응되는 환경 정보의 쌍을 복수 개 포함하는, 학습 데이터에 기초하여,

상기 적어도 하나의 출력 신호 및 상기 환경 정보가, 상기 신경망 모델에 입력될 때, 상기 신경망 모델로부터 상기 적어도 하나의 입력 신호가 출력되도록, 미리 학습된 모델인, 방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 전자 장치에서, 상기 전치 왜곡기에 의해 전치 왜곡된 하나의 신호가, 복수 개의 증폭기를 포함하는 상기 증폭기 유닛에 입력되어, 상기 복수 개의 증폭기를 통해 복수 개의 신호가 출력되는 경우,

상기 신경망 모델은,

상기 복수의 서로 다른 환경에서 획득된, 상기 증폭기 유닛에 입력되는 하나의 입력 신호, 상기 하나의 입력 신호에 대한 상기 증폭기 유닛의 복수 개의 출력 신호들의 대표값 및 상기 서로 다른 환경과 대응되는 환경 정보의 쌍을 복수 개 포함하는, 상기 학습 데이터에 기초하여,

상기 대표값 및 상기 환경 정보가, 상기 신경망 모델에 입력될 때, 상기 신경망 모델로부터 상기 입력 신호가 출력되도록, 미리 학습된 모델인, 방법.

청구항 4

제2항에 있어서, 상기 전자 장치에서, 상기 전치 왜곡기에 의해 전치 왜곡된 N 개의 신호가, M 개의 증폭기를 포함하는 상기 증폭기 유닛에 입력되어, 상기 M 개의 증폭기를 통해 N 개의 신호가 출력되는 경우,

상기 신경망 모델은,

상기 복수의 서로 다른 환경에서 획득된, 상기 증폭기 유닛에 입력되는 N 개의 입력 신호, 상기 N 개의 신호에 대한 상기 증폭기 유닛의 N 개의 출력 신호 및 상기 서로 다른 환경과 대응되는 환경 정보의 쌍을 복수 개 포함하는, 상기 학습 데이터에 기초하여,

상기 N개의 출력 신호 및 상기 환경 정보가, 상기 신경망 모델에 입력될 때, 상기 신경망 모델로부터 상기 N개의 입력 신호가 출력되도록, 미리 학습된 모델인, 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 증폭기는, 적어도 하나의 입력 신호를 처리하여 적어도 하나의 출력 신호를 출력하는, 적어도 하나의 증폭기를 포함하는 증폭기 유닛이고,

상기 신경망 모델은,

상기 복수의 서로 다른 환경에서 수행된 상기 증폭기 유닛의 동작에 따라 획득된, 상기 서로 다른 환경과 대응되는 상기 증폭기 유닛의 동작이 모델링된 학습 모델 및 상기 서로 다른 환경과 대응되는 환경 정보의 쌍을 복수 개 포함하는, 학습 데이터에 기초하여,

적어도 하나의 입력 신호와 상기 환경 정보가, 상기 신경망 모델 및 상기 모델링된 학습 모델에 의해 차례대로 처리되어 출력될 때, 상기 모델링된 학습 모델의 적어도 하나의 출력 신호가 상기 적어도 하나의 입력 신호와 동일하도록, 미리 학습된 모델인, 방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 전자 장치에서, 상기 전치 왜곡기에 의해 전치 왜곡된 하나의 신호가, 복수 개의 증폭기를 포함하는 상기 증폭기 유닛에 입력되어, 상기 복수 개의 증폭기를 통해 복수 개의 신호가 출력되는 경우,

상기 신경망 모델은,

상기 복수의 서로 다른 환경에서 수행된 상기 증폭기 유닛의 동작에 따라 획득된, 상기 증폭기 유닛의 동작이 모델링된 학습 모델, 및 상기 서로 다른 환경과 대응되는 환경 정보의 쌍을 복수 개 포함하는, 상기 학습 데이터에 기초하여,

입력 신호와 상기 환경 정보가 상기 신경망 모델 및 상기 모델링된 학습 모델에 의해 차례대로 처리되어 출력될 때, 상기 모델링된 학습 모델의 복수 개의 출력 신호들의 대표값이 상기 입력 신호와 동일하도록, 미리 학습된 모델인, 방법.

청구항 7

제5항에 있어서, 상기 전자 장치에서, 상기 전치 왜곡기에 의해 전치 왜곡된 N개의 신호가, M개의 증폭기를 포함하는 상기 증폭기 유닛에 입력되어, 상기 M 개의 증폭기를 통해 N 개의 신호가 출력되는 경우,

상기 신경망 모델은,

상기 복수의 서로 다른 환경에서 수행된 상기 증폭기 유닛의 동작에 따라 획득된, 상기 증폭기 유닛의 동작이 모델링된 학습 모델, 및 상기 서로 다른 환경과 대응되는 환경 정보의 쌍을 복수 개 포함하는, 상기 학습 데이터에 기초하여,

N개의 입력 신호와 상기 환경 정보가 상기 신경망 모델 및 상기 모델링된 학습 모델에 의해 차례대로 처리되어 출력될 때, 상기 모델링된 학습 모델의 N개의 출력 신호가 상기 N개의 입력 신호와 동일하도록, 미리 학습된 모델인, 방법.

청구항 8

증폭기의 입력 신호를 처리하는, 전자 장치에 있어서,

복수의 서로 다른 환경에서 상기 증폭기가 동작함에 따라 획득된, 상기 증폭기에서 입출력된 신호 및 상기 서로 다른 환경과 각각 대응되는 복수 개의 환경에 관한 정보에 기초하여, 상기 증폭기의 입력 신호를 전치 왜곡시키도록 미리 학습된 신경망 모델을 이용하여, 상기 증폭기의 입력 신호를 전치 왜곡시키는, 전치 왜곡기를 획득하고, 상기 증폭기에 대한 입력 신호를 획득하고, 상기 증폭기의 환경에 관한 정보를 획득하고, 상기 획득된 환경 정보에 기초하여, 상기 증폭기에 의해 처리되는 상기 입력 신호에 대한 출력 신호가 왜곡되지 않도록, 상기 전치 왜곡기를 이용하여, 상기 입력 신호를 전치 왜곡시키고, 상기 전치 왜곡된 입력 신호를 상기 증폭기에 입력

하는 적어도 하나의 프로세서; 및

상기 증폭기로부터 출력된 신호를 무선 전송하는 통신부를 포함하는, 전자 장치.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 증폭기는, 적어도 하나의 입력 신호를 처리하여 적어도 하나의 출력 신호를 출력하는, 적어도 하나의 증폭기를 포함하는 증폭기 유닛이고,

상기 신경망 모델은,

상기 복수의 서로 다른 환경에서 획득된, 상기 증폭기 유닛에 입력되는 적어도 하나의 입력 신호, 상기 적어도 하나의 입력 신호에 대한 상기 증폭기 유닛의 적어도 하나의 출력 신호 및 상기 서로 다른 환경과 대응되는 환경 정보의 쌍을 복수 개 포함하는, 학습 데이터에 기초하여,

상기 적어도 하나의 출력 신호 및 상기 환경 정보가, 상기 신경망 모델에 입력될 때, 상기 신경망 모델로부터 상기 적어도 하나의 입력 신호가 출력되도록, 미리 학습된 모델인, 전자 장치.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 전자 장치에서, 상기 전치 왜곡기에 의해 전치 왜곡된 하나의 신호가, 복수 개의 증폭기를 포함하는 상기 증폭기 유닛에 입력되어, 상기 복수 개의 증폭기를 통해 복수 개의 신호가 출력되는 경우,

상기 신경망 모델은,

상기 복수의 서로 다른 환경에서 획득된, 상기 증폭기 유닛에 입력되는 하나의 입력 신호, 상기 하나의 입력 신호에 대한 상기 증폭기 유닛의 복수 개의 출력 신호들의 대표값 및 상기 서로 다른 환경과 대응되는 환경 정보의 쌍을 복수 개 포함하는, 상기 학습 데이터에 기초하여,

상기 대표값 및 상기 환경 정보가, 상기 신경망 모델에 입력될 때, 상기 신경망 모델로부터 상기 입력 신호가 출력되도록, 미리 학습된 모델인, 전자 장치.

청구항 11

제9항에 있어서, 상기 전자 장치에서, 상기 전치 왜곡기에 의해 전치 왜곡된 N개의 신호가, M개의 증폭기를 포함하는 상기 증폭기 유닛에 입력되어, 상기 M 개의 증폭기를 통해 N 개의 신호가 출력되는 경우,

상기 신경망 모델은,

상기 복수의 서로 다른 환경에서 획득된, 상기 증폭기 유닛에 입력되는 N개의 입력 신호, 상기 N개의 신호에 대한 상기 증폭기 유닛의 N개의 출력 신호 및 상기 서로 다른 환경과 대응되는 환경 정보의 쌍을 복수 개 포함하는, 상기 학습 데이터에 기초하여,

상기 N개의 출력 신호 및 상기 환경 정보가, 상기 신경망 모델에 입력될 때, 상기 신경망 모델로부터 상기 N개의 입력 신호가 출력되도록, 미리 학습된 모델인, 전자 장치.

청구항 12

제8항에 있어서, 상기 증폭기는, 적어도 하나의 입력 신호를 처리하여 적어도 하나의 출력 신호를 출력하는, 적어도 하나의 증폭기를 포함하는 증폭기 유닛이고,

상기 신경망 모델은,

상기 복수의 서로 다른 환경에서 수행된 상기 증폭기 유닛의 동작에 따라 획득된, 상기 서로 다른 환경과 대응되는 상기 증폭기 유닛의 동작이 모델링된 학습 모델 및 상기 서로 다른 환경과 대응되는 환경 정보의 쌍을 복수 개 포함하는, 학습 데이터에 기초하여,

적어도 하나의 입력 신호와 상기 환경 정보가, 상기 신경망 모델 및 상기 모델링된 학습 모델에 의해 차례대로 처리되어 출력될 때, 상기 모델링된 학습 모델의 적어도 하나의 출력 신호가 상기 적어도 하나의 입력 신호와 동일하도록, 미리 학습된 모델인, 전자 장치.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 전자 장치에서, 상기 전치 왜곡기에 의해 전치 왜곡된 하나의 신호가, 복수 개의 증폭기를 포함하는 상기 증폭기 유닛에 입력되어, 상기 복수 개의 증폭기를 통해 복수 개의 신호가 출력되는 경우,

상기 신경망 모델은,

상기 복수의 서로 다른 환경에서 수행된 상기 증폭기 유닛의 동작에 따라 획득된, 상기 증폭기 유닛의 동작이 모델링된 학습 모델, 및 상기 서로 다른 환경과 대응되는 환경 정보의 쌍을 복수 개 포함하는, 상기 학습 데이터에 기초하여,

입력 신호와 상기 환경 정보가 상기 신경망 모델 및 상기 모델링된 학습 모델에 의해 차례대로 처리되어 출력될 때, 상기 모델링된 학습 모델의 복수 개의 출력 신호들의 대표값이 상기 입력 신호와 동일하도록, 미리 학습된 모델인, 전자 장치.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 전자 장치에서, 상기 전치 왜곡기에 의해 전치 왜곡된 N 개의 신호가, M 개의 증폭기를 포함하는 상기 증폭기 유닛에 입력되어, 상기 M 개의 증폭기를 통해 N 개의 신호가 출력되는 경우,

상기 신경망 모델은,

상기 복수의 서로 다른 환경에서 수행된 상기 증폭기 유닛의 동작에 따라 획득된, 상기 증폭기 유닛의 동작이 모델링된 학습 모델, 및 상기 서로 다른 환경과 대응되는 환경 정보의 쌍을 복수 개 포함하는, 상기 학습 데이터에 기초하여,

N 개의 입력 신호와 상기 환경 정보가 상기 신경망 모델 및 상기 모델링된 학습 모델에 의해 차례대로 처리되어 출력될 때, 상기 모델링된 학습 모델의 N 개의 출력 신호가 상기 N 개의 입력 신호와 동일하도록, 미리 학습된 모델인, 전자 장치.

청구항 15

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항의 방법을 구현하기 위한 프로그램이 기록된 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는, 증폭기의 입력 신호를 처리하는 전자 장치 및 그 동작 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 무선 통신 시스템에서 이용될 수 있는 증폭기(PA; Power Amplifier)는, 증폭기의 환경에 따라서, 각기 다른 왜곡된 출력 신호를 출력할 수 있다. 예를 들면, 증폭기 주변의 온도, 증폭기에 입력되는 입력 신호의 세기 및 대역 등에 따라, 증폭기의 출력 신호가 다르게 왜곡될 수 있다.

[0003] 따라서, 증폭기의 출력 신호가 왜곡되지 않도록, 증폭기의 환경에 관한 정보에 기초하여, 입력 신호를 처리하고, 처리된 입력 신호를 증폭기에 입력시키는, 전치 왜곡기(DPD; Digital PreDistortion)가 이용될 수 있다. 전치 왜곡기에 의하여, 증폭기에 입력될 입력 신호가 사전 왜곡됨으로써, 증폭기에서 왜곡이 최소화된 출력 신호가 출력될 수 있다.

[0004] 그러나, 환경 정보가 변화될 때마다, 증폭기로부터 왜곡 정도가 다른 출력 신호가 출력됨에 따라, 상기 왜곡 정도가 다른 출력 신호에 기초하여, 전치 왜곡기에서 이용되는 계수 또는 신경망 모델(Neural network model)을 갱신하는 것이 필요하다. 따라서, 환경 정보가 변화될 때마다 전치 왜곡기를 갱신하는 동작이 수행되어야 하는 문제점이 존재한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 본 개시가 해결하고자 하는 과제는 전술한 문제를 해결하기 위한 것으로서, 증폭기의 입력 신호를 처리하는 전자 장치 및 그 동작 방법을 제공하기 위한 것이다.
- [0006] 또한, 상기 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 제공하는 데 있다. 해결하려는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제들로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0007] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 개시의 제1 측면은, 전자 장치에서, 증폭기의 입력 신호를 처리하는 방법에 있어서, 복수의 서로 다른 환경에서 상기 증폭기가 동작함에 따라 획득된, 상기 증폭기에서 입출력된 신호 및 상기 서로 다른 환경과 각각 대응되는 복수 개의 환경에 관한 정보에 기초하여, 상기 증폭기의 입력 신호를 전치 왜곡시키도록 미리 학습된 신경망 모델을 이용하여, 상기 증폭기의 입력 신호를 전치 왜곡시키는, 전치 왜곡기를 획득하는 단계; 상기 증폭기에 대한 입력 신호를 획득하는 단계; 상기 증폭기의 환경에 관한 정보를 획득하는 단계; 상기 획득된 환경 정보에 기초하여, 상기 증폭기에 의해 처리되는 상기 입력 신호에 대한 출력 신호가 왜곡되지 않도록, 상기 전치 왜곡기를 이용하여, 상기 입력 신호를 전치 왜곡시키는 단계; 및 상기 전치 왜곡된 입력 신호를 상기 증폭기에 입력하는 단계를 포함하는, 방법이 제공된다.
- [0008] 또한, 본 개시의 제2 측면은, 증폭기의 입력 신호를 처리하는, 전자 장치에 있어서, 복수의 서로 다른 환경에서 상기 증폭기가 동작함에 따라 획득된, 상기 증폭기에서 입출력된 신호 및 상기 서로 다른 환경과 각각 대응되는 복수 개의 환경에 관한 정보에 기초하여, 상기 증폭기의 입력 신호를 전치 왜곡시키도록 미리 학습된 신경망 모델을 이용하여, 상기 증폭기의 입력 신호를 전치 왜곡시키는, 전치 왜곡기를 획득하고, 상기 증폭기에 대한 입력 신호를 획득하고, 상기 증폭기의 환경에 관한 정보를 획득하고, 상기 획득된 환경 정보에 기초하여, 상기 증폭기에 의해 처리되는 상기 입력 신호에 대한 출력 신호가 왜곡되지 않도록, 상기 전치 왜곡기를 이용하여, 상기 입력 신호를 전치 왜곡시키고, 상기 전치 왜곡된 입력 신호를 상기 증폭기에 입력하는 적어도 하나의 프로세서; 및 상기 증폭기로부터 출력된 신호에 기초하여, 상기 입력 신호와 대응되는 데이터를 무선 전송하는 통신부를 포함하는, 전자 장치가 제공된다.
- [0009] 또한, 본 개시의 제3 측면은, 제1 측면 또는 제2 측면의 방법을 수행하도록 하는 프로그램이 저장된 기록매체를 제공할 수 있다.

발명의 효과

- [0010] 일 실시 예에 의하면 복수의 서로 다른 환경에서 동작된 증폭기의 입출력 신호 및 상기 복수의 서로 다른 환경과 대응되는 환경 정보에 기초하여, 미리 학습된 신경망 모델을 전치 왜곡기로 이용함으로써, 환경 변화에 따른 전치 왜곡기의 갱신 동작이 수행될 필요가 없으므로, 연산량 부담이 낮아질 수 있다.
- [0011] 일 실시 예에 의하면, 전체 연결 하이브리드 빔포밍 시스템에서도, 복수의 서로 다른 환경에서 획득된 학습 데이터에 기초하여 미리 학습된 신경망 모델을 전치 왜곡기로 이용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0012] 도 1은 일 실시 예에 의한 전치 왜곡기 및 증폭기를 포함하는 전자 장치의 일 예를 나타낸 블록도이다.
- 도 2는 일 실시 예에 의한 전자 장치의 내부 구성을 설명하기 위한 블록도이다.
- 도 3은 일 실시 예에 의한 전자 장치의 내부 구성을 설명하기 위한 블록도이다.
- 도 4는 일 실시 예에 의한 증폭기의 입력 신호를 처리하는 방법을 나타낸 순서도이다.
- 도 5는 일 실시 예에 의한 부분 연결 하이브리드 빔포밍 시스템의 일 예를 나타낸 블록도이다.
- 도 6은 일 실시 예에 의한 DPD의 신경망 모델을 학습하는 방법의 일 예를 나타낸 도면이다.
- 도 7은 일 실시 예에 의한 DPD의 신경망 모델을 학습하는 방법의 일 예를 나타낸 도면이다.

도 8은 일 실시 예에 의한 전체 연결 하이브리드 빔포밍 시스템의 일 예를 나타낸 블록도이다.

도 9는 일 실시 예에 의한 DPD의 신경망 모델을 학습하는 방법의 일 예를 나타낸 도면이다.

도 10은 일 실시 예에 의한 유효 PA에 기초하여 간접 학습 방법에 따라 DPD의 신경망 모델을 학습하는 방법의 일 예를 나타낸 도면이다.

도 11은 일 실시 예에 의한 DPD의 신경망 모델을 학습하는 방법의 일 예를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0013] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0014] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0015] 이하 첨부된 도면을 참고하여 본 발명을 상세히 설명하기로 한다.
- [0017] 도 1은 일 실시 예에 의한 전치 왜곡기(110) 및 증폭기(120)를 포함하는 전자 장치(1000)의 일 예를 나타낸 블록도이다.
- [0018] 도 1을 참조하면, 일 실시 예에 의한 전자 장치(1000)는, 증폭기(120)의 입력 신호를 처리하는 전치 왜곡기(110) 및 전치 왜곡기(110)에 의해 처리된 입력 신호를 증폭시켜 출력하는 증폭기(120)를 포함할 수 있다.
- [0019] 일 실시 예에 의한 증폭기(120)는, 입력된 신호를 증폭시켜 출력할 수 있다. 일 실시 예에 의하면, 증폭기(120)의 출력 신호는 121과 같이 입력 신호에 대해 선형적으로 출력됨이 바람직하다. 그러나, 증폭기(120)의 환경 조건(ex. 온도, 입력 신호의 크기, 대역 등)에 의하여, 122와 같이, 증폭기(120)의 출력 신호가 왜곡되어 출력될 수 있다.
- [0020] 일 실시 예에 의한 전치 왜곡기(110)는, 출력 신호의 왜곡이 최소화될 수 있도록, 증폭기(120)의 입력 신호를 처리한 후 증폭기(120)에 입력시킬 수 있다. 예를 들면, 전치 왜곡기(110)는, 증폭기(120)의 입력 신호를 전치 왜곡시킬 수 있다. 일 실시 예에 의한 전치 왜곡기(110)에 의하여 전치 왜곡된 입력 신호에 대한 출력 신호는, 121과 같이 선형적으로 출력될 수 있다.
- [0021] 일 실시 예에 의한 전치 왜곡기(110)는 입력 신호를 처리하기 위하여, 미리 학습된 신경망 모델을 이용하여, 입력 신호를 처리할 수 있다. 전치 왜곡기(110)에서 이용되는 신경망 모델은, 증폭기(120)에 대해 가능한 복수 개의 환경 정보에 기초하여, 미리 학습된 모델일 수 있다.
- [0022] 일 실시 예에 따라 전치 왜곡기(110)에서 이용될 수 있는 신경망 모델은, 예를 들면, DNN(Deep Neural Network), RNN(Recurrent Neural Network) 등의 뉴럴 네트워크(Neural Network)를 기반으로 하는 데이터 인식 모델일 수 있다. 상술한 예에 한하지 않고, 다양한 종류의 신경망 모델이 전치 왜곡기(110)에서 이용될 수 있다.
- [0023] 일 실시 예에 의한 전치 왜곡기(110)는 출력 신호의 왜곡의 원인이 되는 증폭기(120)의 환경에 관한 정보를 입력 신호와 함께, 미리 학습된 신경망 모델에 입력함으로써, 입력 신호를 전치 왜곡시킬 수 있다. 따라서, 일 실시 예에 의한 전치 왜곡기(110)는, 증폭기(120)의 환경에 관한 정보에 기초하여 입력 신호를 처리한 후, 증폭기(120)에 입력시킬 수 있다.
- [0024] 일 실시 예에 따른 전치 왜곡기(110) 및 증폭기(120)는, 무선 통신 시스템에 포함되어, 적어도 하나의 입력 스트림이 무선 전송되는데 이용될 수 있다.
- [0025] 일 실시 예에 의한 전치 왜곡기(110)의 신경망 모델은, 복수의 서로 다른 환경에서 동작된 증폭기(120)의 입출력된 신호 및 상기 서로 다른 환경과 각각 대응되는 환경 정보를 포함하는 학습 데이터에 기초하여, 미리 학습

될 수 있다. 일 실시 예에 의한 학습 데이터는, 신경망 모델의 학습을 위한, 상기 증폭기(120)를 포함하여 마련된 하드웨어 구성의 동작에 따라 실험적으로 획득된 증폭기(120)의 입출력 신호로부터 획득될 수 있다.

[0026] 일 실시 예에 의한 전치 왜곡기(110)의 신경망 모델은, 서로 다른 환경에서 실험적으로 획득된 증폭기(120)의 입출력 신호 및, 상기 증폭기(120)의 입출력 신호와 대응되는, 증폭기(120)의 환경에 관한 정보의 쌍을 복수 개 포함하는, 학습 데이터에 기초하여, 학습될 수 있다. 예를 들면, 증폭기(120)의 환경이 변경될 때마다, 실험을 통해, 변경된 환경에서 획득된 증폭기(120)의 입출력 신호 및 변경된 환경 정보의 쌍을 포함하는, 학습 데이터가 획득될 수 있다. 따라서, 학습 데이터는, 서로 다른 환경과 각각 대응되는, 증폭기(120)의 입출력 신호 및 환경 정보의 쌍을 복수 개 포함할 수 있다.

[0027] 일 실시 예에 의한 증폭기(120)는, 적어도 하나의 입력 신호를 처리하여 적어도 하나의 출력 신호를 출력하는 증폭기 유닛일 수 있다. 일 실시 예에 의한 증폭기 유닛은, 적어도 하나의 증폭기(120)를 포함하여, 적어도 하나의 입력 신호를 처리한 결과, 적어도 하나의 출력 신호를 출력할 수 있다.

[0028] 일 실시 예에 의한 증폭기 유닛은, 적어도 하나의 증폭기(120)뿐만 아니라, 다양한 종류의 구성을 더 포함할 수 있다. 예를 들면, 증폭기 유닛은, 증폭기(120)에 의해 처리된 신호가 무선 전송되는데 필요한 다른 구성으로, 안테나, 아날로그 빔포밍 등의 구성을 더 포함할 수 있다.

[0029] 일 실시 예에 의한 전치 왜곡기(110)의 신경망 모델은, 신호를 증폭시키는 증폭기(120)에 한하지 않고, 신호를 다양한 방법에 따라 처리하는 신호 처리기(미도시)의 입력 신호를 전치 왜곡시킬 수 있도록 미리 학습될 수도 있다. 일 실시 예에 의한 전치 왜곡기(110)의 신경망 모델은 신호 처리기(미도시)의 출력 신호가 왜곡되지 않도록, 상기 입력 신호를 전치 왜곡시킬 수 있다. 일 실시 예에 의하면, 복수의 서로 다른 환경에서 수행된 신호 처리기(미도시)의 입출력된 신호 및 상기 서로 다른 환경과 대응되는 환경 정보의 쌍을 포함하는 학습 데이터에 기초하여, 학습된 신경망 모델에 따라 전치 왜곡기(110)의 동작이 수행될 수도 있다.

[0031] 도 2 는 일 실시 예에 의한 전자 장치(1000)의 내부 구성을 설명하기 위한 블록도이다.

[0032] 도 3은 일 실시 예에 의한 전자 장치(1000)의 내부 구성을 설명하기 위한 블록도이다.

[0033] 도 2를 참조하면, 전자 장치(1000)는, 프로세서(1300) 및 통신부(1500)을 포함할 수 있다. 그러나, 도 2에 도시된 구성 요소 모두가 전자 장치(1000)의 필수 구성 요소인 것은 아니다. 도 2에 도시된 구성 요소보다 많은 구성 요소에 의해 전자 장치(1000)가 구현될 수도 있고, 도 2에 도시된 구성 요소보다 적은 구성 요소에 의해 전자 장치(1000)가 구현될 수도 있다.

[0034] 예를 들면, 전자 장치(1000)는 도 3에 도시된 바와 같이, 일부 실시예에 따른 전자 장치(1000)는, 프로세서(1300) 및 통신부(1500) 이외에 사용자 입력부(1100), 출력부(1200), 센싱부(1400), A/V 입력부(1600) 및 메모리(1700)를 더 포함할 수도 있다.

[0035] 사용자 입력부(1100)는, 사용자가 전자 장치(1000)를 제어하기 위한 데이터를 입력하는 수단을 의미한다. 예를 들어, 사용자 입력부(1100)에는 키 패드(key pad), 돔 스위치 (dome switch), 터치 패드(접촉식 정전 용량 방식, 압력식 저항막 방식, 적외선 감지 방식, 표면 초음파 전도 방식, 적분식 장력 측정 방식, 피에조 효과 방식 등), 조그 휠, 조그 스위치 등이 있을 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다.

[0036] 일 실시 예에 의하면, 사용자 입력부(1100)는, 증폭기의 입력 신호를 처리하고, 처리된 입력 신호를 증폭기를 통해 출력 시키기 위한 사용자 입력을 수신할 수 있다.

[0037] 출력부(1200)는, 오디오 신호 또는 비디오 신호 또는 진동 신호를 출력할 수 있으며, 출력부(1200)는 디스플레이부(1210), 음향 출력부(1220), 및 진동 모터(1230)를 포함할 수 있다.

[0038] 디스플레이부(1210)는 전자 장치(1000)에서 처리되는 정보를 표시 출력한다. 일 실시 예에 의하면, 디스플레이부(1210)는 전치 왜곡된 입력 신호가 증폭기를 통해 출력된 결과에 기초한 정보를 출력할 수 있다.

[0039] 한편, 디스플레이부(1210)와 터치패드가 레이어 구조를 이루어 터치 스크린으로 구성되는 경우, 디스플레이부(1210)는 출력 장치 이외에 입력 장치로도 사용될 수 있다. 디스플레이부(1210)는 액정 디스플레이(liquid crystal display), 박막 트랜지스터 액정 디스플레이(thin film transistor-liquid crystal display), 유기 발광 다이오드(organic light-emitting diode), 플렉시블 디스플레이(flexible display), 3차원 디스플레이(3D display), 전기영동 디스플레이(electrophoretic display) 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다. 그리고 전자

장치(1000)의 구현 형태에 따라 전자 장치(1000)는 디스플레이부(1210)를 2개 이상 포함할 수도 있다.

- [0040] 음향 출력부(1220)는 통신부(1500)로부터 수신되거나 메모리(1700)에 저장된 오디오 데이터를 출력한다. 진동 모터(1230)는 진동 신호를 출력할 수 있다. 또한, 진동 모터(1230)는 터치스크린에 터치가 입력되는 경우 진동 신호를 출력할 수도 있다. 일 실시 예에 의하면, 음향 출력부(1220) 및 진동 모터(1230)는 전치 왜곡된 입력 신호가 증폭기를 통해 출력된 결과에 기초한 정보를 출력할 수 있다.
- [0041] 프로세서(1300)는, 통상적으로 전자 장치(1000)의 전반적인 동작을 제어한다. 예를 들어, 프로세서(1300)는, 메모리(1700)에 저장된 프로그램들을 실행함으로써, 사용자 입력부(1100), 출력부(1200), 센싱부(1400), 통신부(1500), A/V 입력부(1600) 등을 전반적으로 제어할 수 있다.
- [0042] 전자 장치(1000)는 적어도 하나의 프로세서(1300)를 포함할 수 있다. 예를 들면, 전자 장치(1000)는 CPU(Central Processing Unit), GPU(Graphics Processing Unit), NPU(Neural Processing Unit) 등의 다양한 종류의 프로세서를 포함할 수 있다.
- [0043] 프로세서(1300)는 기본적인 산술, 로직 및 입출력 연산을 수행함으로써, 컴퓨터 프로그램의 명령을 처리하도록 구성될 수 있다. 명령은 메모리(1700)로부터 프로세서(1300)에 제공되거나, 통신부(1500)를 통해 수신되어 프로세서(1300)로 제공될 수 있다. 예를 들면 프로세서(1300)는 메모리와 같은 기록 장치에 저장된 프로그램 코드에 따라 명령을 실행하도록 구성될 수 있다.
- [0044] 일 실시 예에 의한 프로세서(1300)는 전치 왜곡기(110)를 이용하여 증폭기(120)의 입력 신호를 환경 정보에 기초하여, 전치 왜곡 시킬 수 있다. 일 실시 예에 따른 전치 왜곡기(110)는, 미리 학습된 신경망 모델을 이용하여, 입력 신호를 전치 왜곡시킬 수 있다.
- [0045] 일 실시 예에 의한 전치 왜곡기(110)의 미리 학습된 신경망 모델은, 복수의 서로 다른 환경에서 증폭기(120)가 동작함에 따라 획득된, 증폭기(120)에서 입출력된 신호 및 서로 다른 환경과 각각 대응되는 복수 개의 환경에 관한 정보에 기초하여, 증폭기(120)의 입력 신호를 전치 왜곡시키도록 미리 학습된 신경망 모델일 수 있다.
- [0046] 일 실시 예에 따라 전치 왜곡기(110)에 의해 전치 왜곡된 입력 신호가, 증폭기(120)에 입력됨으로써, 증폭기(120)는, 왜곡이 최소화된 출력 신호를 출력시킬 수 있다.
- [0047] 센싱부(1400)는, 전자 장치(1000)의 상태 또는 전자 장치(1000) 주변의 상태를 감지하고, 감지된 정보를 프로세서(1300)로 전달할 수 있다.
- [0048] 센싱부(1400)는, 지자기 센서(Geomagnetic sensor)(1410), 가속도 센서(Acceleration sensor)(1420), 온/습도 센서(1430), 적외선 센서(1440), 자이로스코프 센서(1450), 위치 센서(예컨대, GPS)(1460), 기압 센서(1470), 근접 센서(1480), 및 RGB 센서(illuminance sensor)(1490) 중 적어도 하나를 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0049] 일 실시 예에 의한 센싱부(1400)는, 증폭기(120)의 환경에 관한 정보를 획득하는데 이용될 수 있다. 예를 들면, 온/습도 센서(1430)에 의해 감지된 온도 정보에 기초하여, 증폭기(120)의 환경 정보 중 온도 정보가 획득될 수 있다.
- [0050] 통신부(1500)는, 전자 장치(1000)가 서버(2000) 또는 외부 장치(미도시)와 통신을 하게 하는 하나 이상의 구성 요소를 포함할 수 있다. 예를 들어, 통신부(1500)는, 근거리 통신부(1510), 이동 통신부(1520), 방송 수신부(1530)를 포함할 수 있다.
- [0051] 근거리 통신부(short-range wireless communication unit)(1510)는, 블루투스 통신부, BLE(Bluetooth Low Energy) 통신부, 근거리 무선 통신부(Near Field Communication unit), WLAN(와이파이) 통신부, 지그비(Zigbee) 통신부, 적외선(IrDA, infrared Data Association) 통신부, WFD(Wi-Fi Direct) 통신부, UWB(ultra wideband) 통신부, Ant+ 통신부 등을 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0052] 이동 통신부(1520)는, 이동 통신망 상에서 기지국, 외부의 단말, 서버 중 적어도 하나와 무선 신호를 송수신한다. 여기에서, 무선 신호는, 음성 호 신호, 화상 통화 호 신호 또는 문자/멀티미디어 메시지 송수신에 따른 다양한 형태의 데이터를 포함할 수 있다.
- [0053] 방송 수신부(1530)는, 방송 채널을 통하여 외부로부터 방송 신호 및/또는 방송 관련된 정보를 수신한다. 방송 채널은 위성 채널, 지상파 채널을 포함할 수 있다. 구현 예에 따라서 전자 장치(1000)가 방송 수신부(1530)를 포함하지 않을 수도 있다.

- [0054] 일 실시 예에 의한, 통신부(1500)는 증폭기(120)로부터 출력된 신호에 기초하여, 수신 장치(도 5의 520, 도 8의 820)로 전치 왜곡기(110)에 입력된 입력 신호와 대응되는 데이터를 무선 전송할 수 있다.
- [0055] A/V(Audio/Video) 입력부(1600)는 오디오 신호 또는 비디오 신호 입력을 위한 것으로, 이에는 카메라(1610)와 마이크로폰(1620) 등이 포함될 수 있다. 카메라(1610)는 화상 통화모드 또는 촬영 모드에서 이미지 센서를 통해 정지영상 또는 동영상 등의 화상 프레임을 얻을 수 있다. 이미지 센서를 통해 캡처된 이미지는 프로세서(1300) 또는 별도의 이미지 처리부(미도시)를 통해 처리될 수 있다. 마이크로폰(1620)은, 외부의 음성 신호를 입력 받아 전기적인 음성 데이터로 처리한다.
- [0056] 일 실시 예에 의하면 A/V 입력부(1600)에 의해 입력된 오디오 신호 또는 비디오 신호 입력에 기초하여, 증폭기(120)의 환경에 관한 정보가 획득될 수 있다. 예를 들어, 비디오 신호 입력에 기초하여, 판단된 증폭기(120)의 환경에 관한 정보에 기초하여, 증폭기(120)의 온도 정보가 추정될 수 있다.
- [0057] 메모리(1700)는, 프로세서(1300)의 처리 및 제어를 위한 프로그램을 저장할 수 있고, 전자 장치(1000)로 입력되거나 전자 장치(1000)로부터 출력되는 데이터를 저장할 수도 있다.
- [0058] 일 실시 예에 의한 메모리(1700)는 전치 왜곡기(110)에서 이용되는 신경망 모델을 저장할 수 있다. 상기 신경망 모델은, 증폭기(120)에 대해 가능한 복수 개의 환경에 관한 정보에 기초하여, 미리 학습된 모델일 수 있다.
- [0059] 메모리(1700)는 플래시 메모리 타입(flash memory type), 하드디스크 타입(hard disk type), 멀티미디어 카드 마이크로 타입(multimedia card micro type), 카드 타입의 메모리(예를 들어 SD 또는 XD 메모리 등), 램(RAM, Random Access Memory) SRAM(Static Random Access Memory), 롬(ROM, Read-Only Memory), EEPROM(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory), PROM(Programmable Read-Only Memory), 자기 메모리, 자기 디스크, 광디스크 중 적어도 하나의 타입의 저장매체를 포함할 수 있다.
- [0060] 메모리(1700)에 저장된 프로그램들은 그 기능에 따라 복수 개의 모듈들로 분류할 수 있는데, 예를 들어, UI 모듈(1710), 터치 스크린 모듈(1720), 알람 모듈(1730) 등으로 분류될 수 있다.
- [0061] UI 모듈(1710)은, 애플리케이션 별로 전자 장치(1000)와 연동되는 특화된 UI, GUI 등을 제공할 수 있다. 터치 스크린 모듈(1720)은 사용자의 터치 스크린 상의 터치 제스처를 감지하고, 터치 제스처에 관한 정보를 프로세서(1300)로 전달할 수 있다. 일부 실시예에 따른 터치 스크린 모듈(1720)은 터치 코드를 인식하고 분석할 수 있다. 터치 스크린 모듈(1720)은 컨트롤러를 포함하는 별도의 하드웨어로 구성될 수도 있다.
- [0062] 터치스크린의 터치 또는 근접 터치를 감지하기 위해 터치스크린의 내부 또는 근처에 다양한 센서가 구비될 수 있다. 터치스크린의 터치를 감지하기 위한 센서의 일례로 촉각 센서가 있다. 촉각 센서는 사람이 느끼는 정도로 또는 그 이상으로 특정 물체의 접촉을 감지하는 센서를 말한다. 촉각 센서는 접촉면의 거칠기, 접촉 물체의 단단함, 접촉 지점의 온도 등의 다양한 정보를 감지할 수 있다.
- [0063] 사용자의 터치 제스처에는 탭, 터치&홀드, 더블 탭, 드래그, 패닝, 플릭, 드래그 앤드 드롭, 스와이프 등이 있을 수 있다.
- [0064] 알람 모듈(1730)은 전자 장치(1000)의 이벤트 발생을 알리기 위한 신호를 발생할 수 있다.
- [0066] 도 4는 일 실시 예에 의한 증폭기(120)의 입력 신호를 처리하는 방법을 나타낸 순서도이다.
- [0067] 도 4를 참조하면, 단계 410에서, 전자 장치(1000)는, 증폭기(120)에 대하여 미리 학습된 신경망 모델을 이용하여, 입력 신호를 전치왜곡 시키는 전치 왜곡기(410)를 획득할 수 있다.
- [0068] 일 실시 예에 의한 전치 왜곡기(110)의 미리 학습된 신경망 모델은, 복수의 서로 다른 환경에서 증폭기(120)가 동작함에 따라 획득된, 증폭기(120)에서 입출력된 신호 및 서로 다른 환경과 각각 대응되는 복수 개의 환경에 관한 정보에 기초하여, 증폭기(120)의 입력 신호를 전치 왜곡시키도록 미리 학습된 신경망 모델일 수 있다.
- [0069] 일 실시 예에 의한 전치 왜곡기(110)의 미리 학습된 신경망 모델은, 복수의 서로 다른 환경에서 획득된 증폭기(120)의 입출력된 신호 및 환경 정보를 포함한 학습 데이터에 기초하여 학습될 수 있다.
- [0070] 일 실시 예에 의한 환경 정보는, 증폭기(120)의 환경에 관한 정보로서, 예를 들면, 증폭기(120)의 온도, 증폭기(120)에 입력되는 신호의 크기, 전력 및 대역 등의 정보를 포함할 수 있다. 상술한 예에 한하지 않고, 증폭기(120)의 환경 정보는, 증폭기(120)의 입력 신호를 처리하는 동작에 영향을 줄 수 있는 다양한 종류의 정보를 포

함할 수 있다.

- [0071] 단계 420 및 430에서, 전자 장치(1000)는, 증폭기(120)에 입력될 입력 신호 및 증폭기(120)의 환경 정보를 획득할 수 있다.
- [0072] 일 실시 예에 따른 증폭기(120)의 입력 신호는, 외부 장치(미도시)로 송신될 데이터를 포함하는 신호일 수 있다. 일 실시 예에 의한 입력 신호는, 증폭기(120)에 의해 증폭된 후, 외부 장치(미도시)로 송신될 수 있다.
- [0073] 일 실시 예에 의한 증폭기(120)의 환경 정보는, 증폭기(120)의 현재 환경에 관한 정보를 포함할 수 있다.
- [0074] 일 실시 예에 의하면 상기 신경망 모델이 학습되는데 이용된 상기 복수 개의 환경에 관한 정보에 포함된 정보 중 증폭기(120)의 환경 정보와 명확하게 일치하는 정보가 존재하지 않을 수 있다. 복수 개의 환경에 관한 정보와 대응되는 증폭기(120)의 동작에 대한 룩업 테이블이 이용되는 경우, 상기 룩업 테이블에 증폭기(120)의 환경 정보와 명확하게 일치하는 정보가 존재하지 않음으로 인해, 결과 값이 도출될 수 없는 문제점이 존재한다.
- [0075] 그러나, 일 실시 예에 의하면, 상기 복수 개의 환경에 관한 정보에 기초하여 학습된 신경망 모델을 이용함에 따라서, 학습에 이용되지 않은 새로운 입력 정보도 신경망 모델에 의하여, 처리될 수 있으므로, 학습에 이용되지 않은 환경 정보가 신경망 모델에 입력되어도, 결과 값이 도출될 수 있다.
- [0076] 단계 440에서, 전자 장치(1000)는, 단계 430에서 획득된 환경 정보에 기초하여, 단계 410에서 획득된 전치 왜곡기를 이용하여, 입력 신호에 대하여 전치 왜곡을 수행할 수 있다. 일 실시 예에 의한 전치 왜곡기는, 입력 신호를 전치 왜곡 시키기 위해 미리 학습된 신경망 모델에 증폭기(120)의 환경 정보 및 입력 신호를 입력시킴으로써, 전치 왜곡된 입력 신호를 증폭기(120)로 출력할 수 있다.
- [0077] 단계 450에서, 전자 장치(1000)는, 단계 440에서 전치 왜곡된 입력 신호를 증폭기(120)에 입력할 수 있다. 따라서, 일 실시 예에 의한 증폭기(120)의 입력 신호는 전치 왜곡기(110)에 의해 전치 왜곡된 후 증폭기(120)에 입력됨으로써, 증폭기(120)의 출력 신호의 왜곡이 최소화될 수 있다.
- [0078] 또한, 일 실시 예에 의한 전치 왜곡기(110)는, 복수의 서로 다른 환경에서의 증폭기(120)의 동작 결과 및 환경 정보에 기초하여, 미리 학습된 신경망 모델을 이용함으로써, 환경 조건이 바뀔 때마다 신경망 모델이 재학습되는 동작 없이도, 입력 신호를 전치 왜곡시킬 수 있다.
- [0080] 도 5는 일 실시 예에 의한 부분 연결 하이브리드 빔포밍 시스템의 일 예를 나타낸 블록도이다.
- [0081] 일 실시 예에 의한 하이브리드 빔포밍 시스템은, 입력 스트림에 대해 디지털 빔포밍 및 아날로그 빔포밍을 차례대로 수행하여, 전송하는 무선 통신 시스템이다.
- [0082] 일 실시 예에 의한 무선 통신을 수행하기 위한, 하이브리드 빔포밍 시스템은, 부분 연결 하이브리드 빔포밍 시스템(Partially-connected hybrid beamforming system) 및 전체 연결 하이브리드 빔포밍 시스템(Fully-connected hybrid beamforming system)을 포함할 수 있다.
- [0083] 일 실시 예에 의한 부분 연결 하이브리드 빔포밍 시스템에서는, 하나의 입력 스트림이 복수 개의 증폭기에 의해 처리되어 출력될 수 있다.
- [0084] 일 실시 예에 의한 전자 장치(1000)는, 일 실시 예에 따라 미리 학습된 신경망 모델을 이용하는 전치 왜곡기를 포함하여, 도 5에 도시된 부분 연결 하이브리드 빔포밍 시스템에 따라 동작할 수 있다. 예를 들면, 전자 장치(1000)는, 부분 연결 하이브리드 빔포밍 시스템 중 데이터를 무선 송신하는 송신 장치(510)일 수 있고, 송신 장치(510)에 포함된 전치 왜곡기인, DPD 1 및 DPD 2는, 일 실시 예에 따라 미리 학습된 신경망 모델에 따라 동작할 수 있다.
- [0085] 도 5를 참조하면, 부분 연결 하이브리드 빔포밍 시스템은, 무선 통신 시스템으로, 송신 장치(510) 및 수신 장치(520)를 포함할 수 있다. 일 실시 예에 의한 송신 장치(510)는 디지털 프리코더, 전치 왜곡기(DPD), 아날로그 빔포밍(BF; beam forming) 및 증폭기(PA; Power Amplifier)를 포함할 수 있다.
- [0086] 일 실시 예에 의해 송신 장치(510)에서 수신 장치(520)로 전송될 스트림 x_1 , 및 x_2 는, 디지털 프리코더(Digital precoder)에 의해 디지털 빔포밍이 수행된 후, 각각 DPD1 및 DPD2로 입력될 수 있다. 각각 DPD1 및 DPD2로 입력되어, 전치 왜곡된 스트림들은, 아날로그 BF1 및 아날로그 BF2에 의해 위상 천이된 후, 복수 개의 PA를 통하여 증폭되어 안테나를 통해 송신 장치(520)로 무선 전송될 수 있다.

- [0087] 예를 들어, 디지털 프리코더로 입력된 스트림 $x_1(t)$ 이 m개의 증폭기(ex. PA1, PA2)를 통해 증폭되어 무선 전송된 경우, 수신 장치(520)에서 수신된 신호의 합인, $\sum_m y_m(t)$ 로부터 $x_1(t)$ 가 획득될 수 있다. 일 실시 예에 의하면, $\sum_m y_m(t)$ 와 $x_1(t)$ 의 차이가 최소화되도록, 각 DPD의 신경망 모델이 학습될 수 있다.
- [0088] 일 실시 예에 의한 아날로그 BF1는, 디지털 빔포밍된 스트림 x_1 에 대하여, 위상이 다르게 조정된 복수 개의 신호를 PA1 및 PA2로 전달할 수 있다. 일 실시 예에 의하면, PA1 및 PA2에 의해 증폭되어 안테나로 출력된 신호들의 합인, 수신 장치(520)에서 수신된 신호들의 합이, 스트림 x_1 와 동일하도록, DPD1과, 아날로그 BF1, PA1 및 PA2를 포함한 증폭기 유닛에서, 디지털 빔포밍된 스트림 x_1 이 처리될 수 있다.
- [0089] 일 실시 예에 의한 DPD1 및 DPD2의 신경망 모델은, 복수의 서로 다른 환경에서, PA1 및 PA2를 포함하는 증폭기 유닛 또는 PA3 및 PA4를 포함하는 증폭기 유닛의 동작에 따라 획득된 정보에 기초하여, 미리 학습될 수 있다.
- [0090] 일 실시 예에 의하면, 각각의 입력 스트림과 대응되는 DPD의 신경망 모델이 존재할 수 있고, 예를 들어, 스트림 x_1 이 처리되는 DPD1의 신경망 모델은, 스트림 x_1 이 처리될 PA1 및 PA2를 포함하는 증폭기 유닛의 동작에 기초하여 획득된 학습 데이터에 기초하여, 학습될 수 있다. 마찬가지로, 스트림 x_2 가 처리되는 DPD2의 신경망 모델은, 스트림 x_2 이 처리될 PA3 및 PA4를 포함하는 증폭기 유닛의 동작에 기초하여 획득된 학습 데이터에 기초하여, 학습될 수 있다.
- [0091] 예를 들면, DPD1의 신경망 모델은, 복수의 서로 다른 환경에서, PA1 및 PA2를 포함하는 증폭기 유닛의 동작에 따라 획득된, 상기 증폭기 유닛의 입출력된 신호 및 상기 서로 다른 환경과 대응되는 복수 개의 환경에 관한 정보에 기초하여 미리 학습될 수 있다. 또한, DPD2의 신경망 모델은, 복수의 서로 다른 환경에서, PA3 및 PA4를 포함하는 증폭기 유닛의 동작에 따라 획득된, 상기 증폭기 유닛의 입출력된 신호 및 상기 서로 다른 환경과 대응되는 복수 개의 환경에 관한 정보에 기초하여 미리 학습될 수 있다.
- [0092] 일 실시 예에 의한 증폭기 유닛은, PA1 및 PA2 또는 PA3 및 PA4와 연결되어, 데이터를 송신 장치(520)로 무선 전송하는데 이용되는, 아날로그 BF1 및 안테나 또는 아날로그 BF2 및 안테나의 구성을 더 포함할 수 있다. 따라서, 상술한 신경망 모델을 미리 학습하는데 이용되는, 증폭기 유닛의 입출력된 신호는, 상기 아날로그 BF1(또는 아날로그 BF2)에 입력되는 신호 및 안테나를 통해 출력되는 신호일 수 있다.
- [0093] 일 실시 예에 의한 DPD1 또는 DPD2의 신경망 모델은, 서로 다른 환경에서, 수행된 송신 장치(510)의 증폭기 유닛의 동작에 기초하여 학습 데이터가 획득될 수 있고, 상기 학습 데이터에 기초하여, 상기 신경망 모델이 학습될 수 있다. 학습이 완료된 DPD1 또는 DPD2의 신경망 모델은, 일 실시 예에 의한 송신 장치(510)에서, 각각 DPD1 또는 DPD2로 이용될 수 있다.
- [0095] 도 6은 일 실시 예에 의한 DPD의 신경망 모델을 간접 학습 방법에 따라 학습하는 방법의 일 예를 나타낸 도면이다.
- [0096] 일 실시 예에 의하면, 신경망 모델(610)의 학습을 위해, 증폭기 유닛(620)과 대응되는 하드웨어 구성이 마련될 수 있다. 일 실시 예에 의한 증폭기 유닛(620)은, 적어도 하나의 PA를 포함하여, 적어도 하나의 입력 신호를 처리하고, 적어도 하나의 출력 신호를 출력할 수 있다.
- [0097] 일 실시 예에 의하면, 서로 다른 환경에서 동작하는, 증폭기 유닛(620)의 입출력 신호에 기초하여, 신경망 모델(610)의 학습을 위한 학습 데이터가 실험적으로 획득될 수 있다.
- [0098] 일 실시 예에 의하면, 신경망 모델(610)을 학습을 위해, 증폭기 유닛(620)의 환경이 인위적으로 조정될 수 있고, 환경이 조정될 때마다, 증폭기 유닛(620)의 동작 결과에 기초하여, 학습 데이터가 획득될 수 있다. 따라서, 일 실시 예에 의한 학습 데이터는, 복수의 서로 다른 환경에서 획득된 증폭기 유닛(620)의 입출력 신호 및 환경 정보의 쌍을 복수 개 포함할 수 있다.
- [0099] 일 실시 예에 의하면, 복수의 서로 다른 환경에서 학습 데이터가 획득된 후, 상기 학습 데이터에 기초하여, DPD의 신경망 모델(610)이 학습될 수 있다.

- [0100] 일 실시 예에 의한 간접 학습 방법에 의하면, DPD의 신경망 모델(610)은, 복수의 서로 다른 환경에서 획득된, 증폭기 유닛(620)에 입력되는 적어도 하나의 입력 신호, 상기 적어도 하나의 입력 신호에 대한 증폭기 유닛(620)의 적어도 하나의 출력 신호 및 상기 서로 다른 환경과 대응되는 환경 정보의 쌍을 복수 개 포함하는, 학습 데이터에 기초하여, 학습될 수 있다.
- [0101] 또한, 일 실시 예에 의한, 신경망 모델(610)은, 상기 학습 데이터에 기초하여, 학습 데이터에 포함된, 적어도 하나의 출력 신호 및 환경 정보가, 신경망 모델(610)에 입력될 때, 신경망 모델(610)로부터, 학습 데이터에 포함된 적어도 하나의 입력 신호가 출력되도록, 학습될 수 있다.
- [0102] 일 실시 예에 의한, 간접 학습 방법은, DPD에 입력되는 입력 신호와 증폭기 유닛(620)의 출력 신호 간 차이가 최소화되도록 신경망 모델(610)이 학습됨을 이용한 것이다. 일 실시 예에 의한, 증폭기 유닛(620)의 출력 신호는, 안테나를 통해 무선 전송되는 신호로서, 수신 장치(520)에서 수신되는 신호와 대응되며, DPD와 입력되는 입력 신호와 동일함이 바람직하다.
- [0103] 따라서, DPD에 입력되는 입력 신호와 증폭기 유닛(620)의 출력 신호가 동일한 것으로 가정하여, 신경망 모델(610)이 학습될 수 있다. 일 실시 예에 의한 간접 학습 방법에 의하면, DPD의 입력 신호가 DPD를 거쳐, 증폭기 유닛(620)의 입력 신호가 증폭기 유닛(620)에 입력되고, 증폭기 유닛(620)의 출력 신호가 출력됨이 이용될 수 있다. 증폭기 유닛(620)의 입력 신호는 DPD의 출력 신호로 볼 수 있으므로, 일 실시 예에 의하면, DPD의 입력 신호와 동일한 것으로 가정된, 증폭기 유닛(620)의 출력 신호가, DPD를 거쳐 증폭기 유닛(620)의 입력 신호가 출력됨을 가정하여, DPD의 신경망 모델(610)이 학습될 수 있다.
- [0104] 일 실시 예에 의한 간접 학습 방법에 의하면, 실제 전자 장치(1000)에서 동작될 수 있는 DPD의 입출력과는 다른, 증폭기 유닛(620)의 출력 신호가 입력될 때 증폭기 유닛(620)의 입력 신호가 출력되도록 신경망 모델(610)이 학습됨으로 인하여, 다소의 오차가 존재한다.
- [0105] 그러나, 일 실시 예에 의하면, 다소의 오차가 존재함에도, 간접 학습 방법에 따라 학습된 신경망 모델(610)은, 증폭기 유닛(620)에서 출력되는 신호의 왜곡을 상당히 제거할 수 있다.
- [0106] 도 5에 도시된, 부분 연결 하이브리드 빔포밍 시스템에 의하면, DPD에 의해 전치 왜곡된 하나의 신호가 복수 개의 PA를 포함하는 증폭기 유닛(620)으로 입력되어 복수 개의 PA를 통해 복수 개의 신호가 출력될 수 있다.
- [0107] 일 실시 예에 의한 전자 장치(1000)에서, 부분 연결 하이브리드 빔포밍 시스템과 같이, DPD에 의해 전치 왜곡된 하나의 신호가 복수 개의 PA를 포함하는 증폭기 유닛(620)으로 입력되어 복수 개의 PA를 통해 복수 개의 신호가 출력되는 경우, 상기 전자 장치(1000)에 포함된 DPD의 신경망 모델(610)은 도 6에 도시된 간접 학습 방법 또는 후술될 도 7에 도시된 직접 학습 방법에 따라, 학습될 수 있다.
- [0108] 일 실시 예에 의한 DPD의 신경망 모델(610)은 동일한 입력 신호에 대하여 증폭이 수행된 복수 개의 PA에 대한 출력 신호들의 대표값과, 상기 복수 개의 PA의 환경 정보가 입력될 때, 상기 복수 개의 PA에 입력된 상기 입력 신호가 출력되도록, 학습될 수 있다.
- [0109] 일 실시 예에 의하면, 증폭기 유닛(620)에 입력된 하나의 입력 신호는 위상이 다르게 조정되어, 상기 증폭기 유닛(620)에 포함된 복수 개의 PA에 각각 입력됨으로써, 복수 개의 PA로부터 복수 개의 출력 신호들이 출력될 수 있다.
- [0110] 일 실시 예에 의한 출력 신호들의 대표값은, 복수 개의 PA로부터 출력된 복수 개의 출력 신호들의 합으로 결정될 수 있다. 일 실시 예에 따른, 상기 복수 개의 출력 신호들의 합은, 증폭기 유닛(620)이 증폭기뿐만 아니라, 안테나의 구성을 더 포함하는 경우, 안테나를 통해 출력되어 무선 전송되는, 복수 개의 출력 신호들의 합으로 결정될 수 있다.
- [0111] 일 실시 예에 의한 DPD의 신경망 모델(610)은, NN1(611) 및 NN2(612)로 구성될 수 있다. NN1(611)은 상술한 증폭기 유닛(620)의 환경 정보에 포함된 복수 개의 환경 변수들의 대표값을 획득하기 위한 신경망 모델로 구성될 수 있다. NN2(612)의 신경망 모델은 NN1(611)에 의해 획득된 환경 변수들의 대표값과 PA 출력 신호들의 합에 기초하여, PA의 입력 신호가 출력되도록 학습될 수 있다.
- [0112] 상술한 예에 한하지 않고, DPD의 신경망 모델(610)은, 복수 개의 환경 변수들의 대표값을 획득하기 위한 신경망 모델 없이, 복수 개의 PA에 대한 출력 신호들의 합과, 복수 개의 환경 변수들이 입력될 때, 상기 복수 개의 PA에 입력된 입력 신호가 출력되도록, 학습되는, 하나의 신경망 모델일 수도 있다.

- [0113] 일 실시 예에 따라 DPD의 신경망 모델(610)의 학습을 위해 입력되는 환경 변수는, 복수 개의 PA에 대한 출력 신호들의 합과 복수 개의 PA에 입력된 입력 신호의 쌍과 대응되는, 상기 복수 개의 PA의 환경에 관한 정보를 나타내는 값일 수 있다.
- [0114] 일 실시 예에 의하면, DPD 및 복수 개의 PA가 동작될 때, 복수 개의 PA의 온도, 입력 신호의 크기 및 대역 등에 관한 복수 개의 환경 변수가 획득될 수 있다. 또한, 상기 획득된 복수 개의 환경 변수에 대응하는 환경에서, DPD 및 복수 개의 PA를 포함하는 장치의 동작을 통하여, 복수 개의 PA에 대한 출력 신호들의 합과 복수 개의 PA에 입력된 입력 신호의 쌍이 획득될 수 있다. 일 실시 예에 의하면, 상기 실험적으로 획득된, 복수 개의 환경 변수, 복수 개의 PA에 대한 출력 신호들의 합 및 입력 신호를 포함하는 학습 데이터에 기초하여, DPD의 신경망 모델(610)이 학습될 수 있다.
- [0115] 일 실시 예에 의한 환경 변수는, 복수 개의 PA의 환경이 다양하게 변화됨에 따라, 상기 변화된 환경에서 획득된 환경 변수가 DPD의 신경망 모델(610)의 학습에 이용될 수 있다. 따라서, 일 실시 예에 의하면, 상기 변화된 환경에서 획득된 환경 변수와, 상기 변화된 환경에서 동작된 복수 개의 PA에 대한 입출력 신호에 기초하여, DPD의 신경망 모델(610)의 학습을 위한 학습 데이터가 획득될 수 있다.
- [0116] 따라서, 일 실시 예에 의하면, DPD의 신경망 모델(610)은, 서로 다른 환경 변수를 가진 서로 다른 환경에서, DPD 및 복수 개의 PA를 포함하는 장치의 동작을 통해 획득된, 복수 개의 PA에 대한 출력 신호들의 합, 입력 신호 및 상기 환경 변수를 포함한 환경 정보의 쌍을 포함하는 학습 데이터에 기초하여, 학습될 수 있다.
- [0118] 도 7은 일 실시 예에 의한 DPD의 신경망 모델을 직접 학습 방법에 따라 학습하는 방법의 일 예를 나타낸 도면이다.
- [0119] 일 실시 예에 의한 직접 학습 방법에 의하면, 복수의 서로 다른 환경에서 수행된 증폭기 유닛의 동작에 따라 획득된, 서로 다른 환경에 대해 각각 존재하는, 증폭기 유닛의 동작이 모델링된 학습 모델 및 서로 다른 환경과 대응되는 환경 정보의 쌍을 복수 개 포함하는, 학습 데이터에 기초하여, 신경망 모델(711)이 학습될 수 있다. 일 실시 예에 의한 증폭기 유닛은, 적어도 하나의 PA를 포함하여, 적어도 하나의 입력 신호를 처리하고, 적어도 하나의 출력 신호를 출력할 수 있다.
- [0120] 일 실시 예에 의한, 증폭기 유닛의 동작이 모델링된 학습 모델은, 환경에 따라 달리 동작하는, 적어도 하나의 PA를 포함하는 증폭기 유닛의 입출력된 신호에 기초하여 학습 데이터로서 획득될 수 있다. 예를 들면, 상기 학습 모델은 증폭기 유닛의 임의의 입력 신호에 따라, 실험적으로 관측된 출력 신호가 상기 학습 모델의 출력 신호로써 출력될 수 있도록, 모델링될 수 있다.
- [0121] 또한, 일 실시 예에 의하면, 적어도 하나의 입력 신호와 상기 학습 데이터의 환경 정보가, 신경망 모델(711) 및 상기 학습 데이터의 모델링된 학습 모델에 의해 차례대로 처리되어 출력될 때, 신경망 모델(711)로 입력되는 적어도 하나의 입력 신호와, 상기 모델링된 학습 모델의 적어도 하나의 출력 신호가 동일하도록, 신경망 모델(711)이 학습될 수 있다.
- [0122] 일 실시 예에 따라 신경망 모델(711)이 학습될 때, 신경망 모델(711)로 입력되는 적어도 하나의 입력 신호는, 신경망 모델(711)의 학습을 위하여, 임의로 입력되는 신호일 수 있다.
- [0123] 일 실시 예에 의한 직접 학습 방법에 의하면, 간접 학습 방법과는 달리, 신경망 모델(711)이 학습될 때, DPD의 신경망 모델(711)로 입출력되는 신호가 실제 전자 장치(1000)에서 동작하는, DPD로 입출력되는 신호와 다르지 않으므로, 간접 학습에 비해 더 적은 오차가 발생할 수 있다.
- [0124] 도 5에 도시된, 부분 연결 하이브리드 빔포밍 시스템에 의하면, DPD에 의해 전치 왜곡된 하나의 신호가 복수 개의 PA를 포함하는 증폭기 유닛(620)으로 입력되어 복수 개의 PA를 통해 복수 개의 신호가 출력될 수 있다.
- [0125] 일 실시 예에 의한 전자 장치(1000)에서, 부분 연결 하이브리드 빔포밍 시스템과 같이, DPD에 의해 전치 왜곡된 하나의 신호가 복수 개의 PA를 포함하는 증폭기 유닛으로 입력되어 복수 개의 PA를 통해 복수 개의 신호가 출력되는 경우, 상기 전자 장치(1000)에 포함된 DPD의 신경망 모델(711)은 도 6의 간접 학습 방법에 한하지 않고, 도 7에 도시된 직접 학습 방법에 따라서도, 학습될 수 있다.
- [0126] 일 실시 예에 의하면, 신경망 모델(711)의 학습을 위해, 증폭기 유닛과 대응되는 하드웨어 구성이 마련될 수 있다.

- [0127] 일 실시 예에 의하면, 복수의 서로 다른 환경에서 학습 데이터가 획득된 후, 상기 학습 데이터에 기초하여, DPD의 신경망 모델(711)이 학습될 수 있다. 일 실시 예에 의한 학습 데이터는, 복수의 서로 다른 환경에서 수행된 증폭기 유닛의 동작에 따라 획득된, 서로 다른 환경과 대응되는 증폭기 유닛의 동작이 모델링된 학습 모델 및 서로 다른 환경과 대응되는 환경 정보의 쌍을 복수 개 포함할 수 있다.
- [0128] 일 실시 예에 의한 DPD의 신경망 모델(711)은 상기 모델링된 학습 모델의 복수 개의 출력 신호들의 대표값과, 상기 복수 개의 PA에 입력된 상기 입력 신호가 동일하도록, 학습될 수 있다.
- [0129] 일 실시 예에 의한 복수 개의 PA를 포함한 증폭기 유닛의 동작이 모델링된 학습 모델(712)은, 상기 전치 왜곡된 입력 신호에 대하여 위상을 다르게 조정하여 복수 개의 PA로 출력하는 아날로그 BF 및 증폭된 신호들을 무선 전송하는 안테나 중 적어도 하나의 동작이 함께 모델링된 것일 수 있다.
- [0130] 일 실시 예에 의한 복수 개의 PA를 포함한 증폭기 유닛의 동작이 모델링된 학습 모델(712)은, 상기 학습 데이터 획득을 위해 마련된 장치의 PA의 동작에 기초하여, 미리 학습되어 생성된 후, DPD의 신경망 모델(711)이 학습되는데 이용될 수 있다. 예를 들면, 복수 개의 환경 변수에 대응하는 환경에서, 다양한 입력 신호에 대하여 복수 개의 PA를 통해 출력된 신호들의 합이 획득될 수 있다. 일 실시 예에 의한 복수 개의 PA의 동작이 모델링된 학습 모델(712)은, 복수 개의 환경 변수에 대응하는 환경에서, 상기 다양한 입력 신호에 대해 상기 획득된 출력된 신호들의 합이 출력될 수 있도록 모델링될 수 있다.
- [0131] 일 실시 예에 따라 DPD의 신경망 모델(711)이 학습될 때는, 복수 개의 PA의 동작이 모델링된 학습 모델(712)의 데이터는 수정되지 않고 고정될 수 있다.
- [0133] 도 8은 일 실시 예에 의한 전체 연결 하이브리드 빔포밍 시스템의 일 예를 나타낸 블록도이다.
- [0134] 도 8을 참조하면, 전체 연결 하이브리드 빔포밍 시스템은, 복수 개의 입력 스트림이 복수 개의 증폭기에 의해 처리되어 출력될 수 있다.
- [0135] 일 실시 예에 의한 전체 연결 하이브리드 빔포밍 시스템은 복수 개의 입력 스트림들의 합이 복수 개의 증폭기 각각에 의해 처리되어 출력될 수 있다. 예를 들면, 전체 연결 하이브리드 빔포밍 시스템의 각각의 증폭기는, 아날로그 빔포밍에 의해 위상 천이된 복수 개의 입력 스트림들의 합이 입력될 수 있다. 일 실시 예에 의한 전체 연결 하이브리드 빔포밍 시스템의, 복수 개의 PA 각각은 아날로그 빔포밍이 수행된 복수 개의 스트림의 합에 대하여 증폭을 수행할 수 있다.
- [0136] 따라서, 전체 연결 하이브리드 빔포밍 시스템의 증폭기에는, 부분 연결 하이브리드 빔포밍 시스템과는 달리, 증폭기 마다 복수 개의 입력 스트림들이 입력되어 처리될 수 있다.
- [0137] 일 실시 예에 의한 전체 연결 하이브리드 빔포밍 시스템은, 무선 통신 시스템으로서, 디지털 프리코더, 전치 왜곡기(DPD), 아날로그 빔포밍 및 증폭기(PA; Power Amplifier)를 포함할 수 있다.
- [0138] 일 실시 예에 의한 전체 연결 하이브리드 빔포밍 시스템은, 도 5에서 설명된 부분 연결 하이브리드 빔포밍 시스템과 같이, DPD에 의하여 전치왜곡된 입력 스트림들(x_1 , 및 x_2)은, 복수 개의 PA를 통하여 증폭되어 안테나를 통해 송신 장치(520)로 무선 전송될 수 있다.
- [0139] 일 실시 예에서, 디지털 프리코더로 입력된 스트림 $x_1(t)$ 이 m 개의 증폭기를 통해 증폭되어 무선 전송된 경우, 수신 장치(520)에서 수신된 신호의 합인, $\sum_m y_m(t)$ 로부터 $x_1(t)$ 가 획득될 수 있다.
- [0140] 일 실시 예에 의한 DPD1 및 DPD2의 신경망 모델은, 부분 연결 하이브리드 빔포밍 시스템과는 달리, DPD1 및 DPD2가 통합된 하나의 DPD로 학습된 신경망 모델이 이용될 수 있다.
- [0141] 일 실시 예에 의한 전체 연결 하이브리드 빔포밍 시스템에서, 일 실시 예에 따라 학습된 DPD의 신경망 모델에 기초하여, 입력 신호가 전치 왜곡될 수 있다. 일 실시 예에 의한 전체 연결 하이브리드 빔포밍 시스템은, 부분 연결 하이브리드 빔포밍 시스템과 같이, 하나의 입력 스트림이 PA로 입력되는 대신, 복수 개의 입력 스트림의 합이 PA로 입력되어, 무선 전송될 수 있다. 따라서, 환경 정보에 기초하여, 입력 스트림을 전치 왜곡시키기 위한 수식이 선형적이지 않거나 복잡하여, 환경 정보에 기초하여, 전치 왜곡된 입력 스트림이 획득되기 어렵다.
- [0142] 그러나, 일 실시 예에 의하면, 전체 연결 하이브리드 빔포밍 시스템에서도, 상기 전체 연결 하이브리드 빔포밍

시스템에서 미리 학습된 신경망 모델을 이용하여, PA에 대한 환경 정보에 기초하여, 전치 왜곡된 입력 스트림이 각각의 PA로 입력될 수 있다.

[0143] 일 실시 예에 의해 송신 장치(810)에서 수신 장치(820)로 전송될 N개의 스트림은, 디지털 프리코더(Digital precoder)에 의해 디지털 빔포밍이 수행된 후, 통합된 DPD의 신경망 모델로 입력될 수 있다. DPD로 입력되어, 전치 왜곡된 스트림들은, N개의 아날로그 BF에 의해 위상 천이된 후, M개의 PA를 통하여 증폭되어 수신 장치(820)로 무선 전송될 수 있다.

[0144] 일 실시 예에 의한 DPD는, PA에 의해 출력되는 신호의 왜곡이 최소화될 수 있도록, PA의 입력 신호를 전치 왜곡 시킴으로써, 수신 장치(820)에서 수신되는 스트림과 전송 장치(810)에서 전송되는 스트림 간 차이가 최소화될 수 있다.

[0145] 일 실시 예에 따라, N개의 스트림은 DPD에 의하여, 전치 왜곡된 후, M개의 증폭기를 통해 증폭될 수 있다. N개의 스트림에 대해 M개의 증폭기를 통해 증폭된 신호는 안테나를 통하여, 수신 장치(820)로 무선 전송될 수 있다. 수신 장치(820)는, 안테나를 통해 N개의 스트림을 획득할 수 있다.

[0147] 도 9는 일 실시 예에 의한 DPD의 신경망 모델을 학습하는 방법의 일 예를 나타낸 도면이다.

[0148] 일 실시 예에 의하면, DPD의 신경망 모델(910)의 학습을 위해, 증폭기 유닛(920)과 대응되는 하드웨어 구성이 마련될 수 있다. 일 실시 예에 의한 증폭기 유닛(920)은, M개의 PA를 포함하여, N개의 입력 신호를 처리하고, N개의 출력 신호를 출력하는, 유효 PA로 정의될 수 있다. 예를 들면, DPD의 신경망 모델(910)의 N개의 출력 신호를 수신하는 N개의 아날로그 BF, M개의 PA 및 N개의 무선 전송된 신호가 수신 장치(820)에서 관측된 N개의 신호를 출력 신호로 하는 채널 고유벡터의 구성이, 가상의 유효 PA로 정의될 수 있다. 일 실시 예에 의한 증폭기 유닛(920)의 N개의 출력 신호는 수신 장치(820)에서 관측된 신호로서 M개의 증폭기를 통해 무선 전송된 신호일 수 있다.

[0149] 일 실시 예에 의한 송신단 측 채널 고유벡터(V^H)의 출력 신호는, M개의 PA 및 안테나를 통해, 무선 전송된 신호로부터 수신 장치(820)에서 수신할 수 있는 N개의 수신 신호일 수 있다. 일 실시 예에 의하면, N개의 수신 신호와, DPD로 입력된 디지털 프리코더의 출력인 N개의 입력 신호가 동일하도록 DPD의 신경망 모델(910) 및 유효 PA(920)가 동작함이 바람직하다.

[0150] 일 실시 예에 의하면, 서로 다른 환경에서 동작하는, 증폭기 유닛(920)의 입출력 신호에 기초하여, 신경망 모델(910)의 학습을 위한 학습 데이터가 실험적으로 획득될 수 있다.

[0151] 일 실시 예에 따라 학습된 신경망 모델(910)은, 전자 장치(1000)에 포함되어, 전자 장치(1000)에서 입력 신호를 전치 왜곡시키는 DPD로서 동작할 수 있다.

[0153] 도 10은 일 실시 예에 의한 유효 PA(920)에 기초하여 간접 학습 방법에 따라 DPD의 신경망 모델(910)을 학습하는 방법의 일 예를 나타낸 도면이다.

[0154] 도 8에 도시된, 전체 연결 하이브리드 빔포밍 시스템과 같이, 전자 장치(1000)에서, 전치 왜곡기에 의해 전치 왜곡된 N개의 신호가, M개의 증폭기를 포함하는 증폭기 유닛(920)에 입력되어, M개의 증폭기를 통해 N개의 신호가 출력되는 경우, 도 10에 도시된 간접 학습 방법 또는 후술될 도 11에 도시된 직접 학습 방법에 따라, DPD의 신경망 모델(910)이 학습될 수 있다.

[0155] 일 실시 예에 의하면, 신경망 모델(910)의 학습을 위해, 증폭기 유닛(920)과 대응되는 하드웨어 구성이 마련될 수 있다.

[0156] 일 실시 예에 의한 증폭기 유닛(920)은, M개의 PA를 포함하여, N개의 입력 신호를 처리하고, N개의 출력 신호를 출력할 수 있다. 일 실시 예에 의한 DPD의 신경망 모델(910)은, 도 9의 가상의 유효 PA로 정의된 증폭기 유닛(920)의 입출력 신호에 기초하여, 학습될 수 있다.

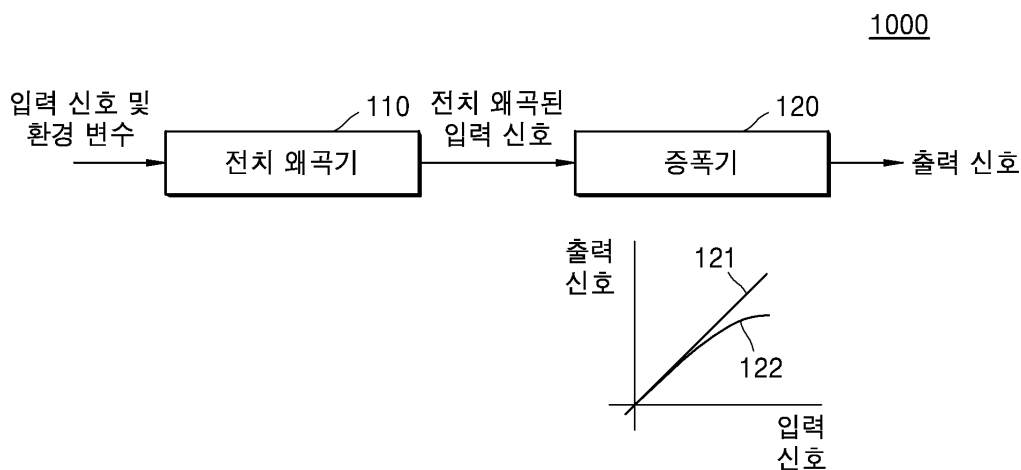
[0157] 일 실시 예에 의한 DPD의 신경망 모델(910)은 복수의 서로 다른 환경에서 획득된, 증폭기 유닛(920)에 입력되는 N개의 입력 신호, N개의 신호에 대한 증폭기 유닛(920)의 N개의 출력 신호 및 서로 다른 환경과 대응되는 환경 정보의 쌍을 복수 개 포함하는, 학습 데이터에 기초하여, 학습될 수 있다.

- [0158] 예를 들면, DPD의 신경망 모델(910)은, 학습 데이터에 포함된, 증폭기 유닛(920)의 출력 신호들, 즉, 도 9에 도시된, 채널 고유벡터의 출력 신호로써 관측되는 N개의 수신 신호들(\hat{x}_1 내지 \hat{x}_N)과, 복수 개의 PA에 대한 환경 변수가 입력될 때, 학습 데이터에 포함된, 증폭기 유닛(920)에 입력된 신호들, 즉, 도 9에 도시된, DPD의 신경망 모델(910)에서 출력된 신호들(x_{FBB1} 내지 x_{FBBN})이 출력되도록, 학습될 수 있다.
- [0159] 일 실시 예에 의하면, 증폭기 유닛(920)이 동작될 때, 증폭기 유닛(920)에 포함된 복수 개의 PA의 온도, 입력 신호의 크기 및 대역 등에 관한 복수 개의 환경 변수가 학습 데이터로서 획득될 수 있다. 또한, 상기 획득된 복수 개의 환경 변수에 대응하는 환경에서, 증폭기 유닛(920)의 동작에 기초하여, 증폭기 유닛(920)에 대한 입력 신호들 및 출력 신호들의 쌍이 학습 데이터로서 획득될 수 있다. 일 실시 예에 의하면, 상기 실험적으로 획득된, 복수 개의 환경 변수 및 증폭기 유닛(920)에 대한 입력 신호들 및 출력 신호들의 쌍을 포함하는 학습 데이터가 획득된 후, 상기 학습 데이터에 기초하여, DPD의 신경망 모델(910)이 학습될 수 있다.
- [0161] 도 11은 일 실시 예에 의한 DPD의 신경망 모델을 직접 학습 방법에 따라 학습하는 방법의 일 예를 나타낸 도면이다.
- [0162] 일 실시 예에 의한 전자 장치(1000)에서, 전체 연결 하이브리드 빔포밍 시스템과 같이, DPD에 의해 전치 왜곡된 N개의 신호가 M개의 PA를 포함하는 증폭기 유닛으로 입력되어 M개의 PA를 통해 N개의 신호가 출력되는 경우, 상기 전자 장치(1000)에 포함된 DPD의 신경망 모델(1111)은, 도 10의 간접 학습 방법에 한하지 않고, 도 11에 도시된 직접 학습 방법에 따라서도, 학습될 수 있다.
- [0163] 일 실시 예에 의하면, 신경망 모델(1111)의 학습을 위해, 증폭기 유닛과 대응되는 하드웨어 구성이 마련될 수 있다.
- [0164] 일 실시 예에 의하면, 복수의 서로 다른 환경에서 학습 데이터가 획득된 후, 상기 학습 데이터에 기초하여, DPD의 신경망 모델(1111)이 학습될 수 있다. 일 실시 예에 의한 학습 데이터는, 복수의 서로 다른 환경에서 수행된 증폭기 유닛의 동작에 따라 획득된, 서로 다른 환경과 대응되는 증폭기 유닛의 동작이 모델링된 학습 모델(1112) 및 서로 다른 환경과 대응되는 환경 정보의 쌍을 복수 개 포함할 수 있다.
- [0165] 일 실시 예에 의한, 증폭기 유닛의 동작이 모델링된 학습 모델은, 환경에 따라 달리 동작하는, 증폭기 유닛의 입출력된 신호에 기초하여 학습 데이터로서 획득될 수 있다. 예를 들면, 상기 학습 모델은 증폭기 유닛의 임의의 입력 신호에 따라, 실험적으로 관측된 출력 신호가 상기 학습 모델의 출력 신호로써 출력될 수 있도록, 모델링될 수 있다.
- [0166] 일 실시 예에 의한 DPD의 신경망 모델(1111)은, 복수의 서로 다른 환경에서 수행된 증폭기 유닛의 동작에 따라 획득된, 증폭기 유닛의 동작이 모델링된 학습 모델(1112), 및 서로 다른 환경과 대응되는 환경 정보의 쌍을 복수 개 포함하는, 학습 데이터에 기초하여, 학습될 수 있다.
- [0167] 일 실시 예에 의한 DPD의 신경망 모델(1111)은, N개의 입력 신호와 학습 데이터에 포함된 환경 정보가, 신경망 모델(1111) 및 학습 데이터의 모델링된 학습 모델(1112)에 의해 차례대로 처리되어 출력될 때, 모델링된 학습 모델(1112)의 N개의 출력 신호가 N개의 입력 신호와 동일하도록, 학습될 수 있다.
- [0168] 일 실시 예에 의한 학습 모델(1112)의 증폭기 유닛은 N개의 아날로그 BF, M 개의 증폭기, 및 채널 고유벡터를 포함하는 구성 요소를 포함할 수 있다. 일 실시 예에 의한 증폭기 유닛의 동작이 모델링된 학습 모델(1112)은, 복수의 서로 다른 환경에 대해 서로 다른 증폭기 유닛의 동작이 각각 모델링된 것일 수 있다.
- [0169] 예를 들면, 복수 개의 환경 변수에 대응하는 환경에서, 다양한 입력 신호에 대하여 증폭기 유닛을 통해 출력된 신호들(\hat{x}_1 내지 \hat{x}_N)이 획득될 수 있다. 일 실시 예에 의한 증폭기 유닛의 동작이 모델링된 학습 모델(1112)은, 복수 개의 환경 변수에 대응하는 환경에서, 상기 다양한 입력 신호에 대해 상기 획득된 출력 신호들이 출력될 수 있도록 모델링될 수 있다.
- [0170] 일 실시 예에 따라 DPD의 신경망 모델(1111)이 학습될 때는, 증폭기 유닛의 동작이 모델링된 학습 모델(1112)의 데이터는 수정되지 않고 고정될 수 있다.

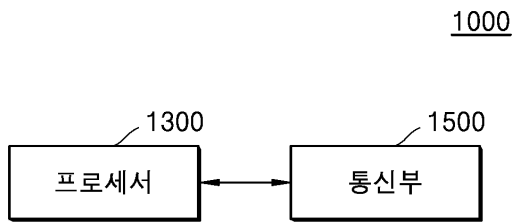
- [0172] 일 실시 예에 의하면 증폭기에 대하여 가능한 복수 개의 환경 정보에 기초하여, 미리 학습된 신경망 모델이 증폭기에 대한 전치 왜곡기로 이용됨에 따라, 환경 변화에 따른 전치 왜곡기의 갱신 동작으로 인한 연산량 부담이 제거될 수 있다.
- [0173] 일 실시 예에 의하면, 전체 연결 하이브리드 빔포밍 시스템에서도, 복수의 서로 다른 환경에서 획득된 학습 데이터에 기초하여 미리 학습된 신경망 모델을 전치 왜곡기로 이용할 수 있다.
- [0175] 일 실시예는 컴퓨터에 의해 실행되는 프로그램 모듈과 같은 컴퓨터에 의해 실행가능한 명령어를 포함하는 기록 매체의 형태로도 구현될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 휘발성 및 비휘발성 매체, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 또한, 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터 저장 매체 및 통신 매체를 모두 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 통신 매체는 전형적으로 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 또는 프로그램 모듈을 포함하며, 임의의 정보 전달 매체를 포함한다.
- [0176] 또한, 본 명세서에서, “부”는 프로세서 또는 회로와 같은 하드웨어 구성(hardware component), 및/또는 프로세서와 같은 하드웨어 구성에 의해 실행되는 소프트웨어 구성(software component)일 수 있다.
- [0177] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.
- [0178] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

도면

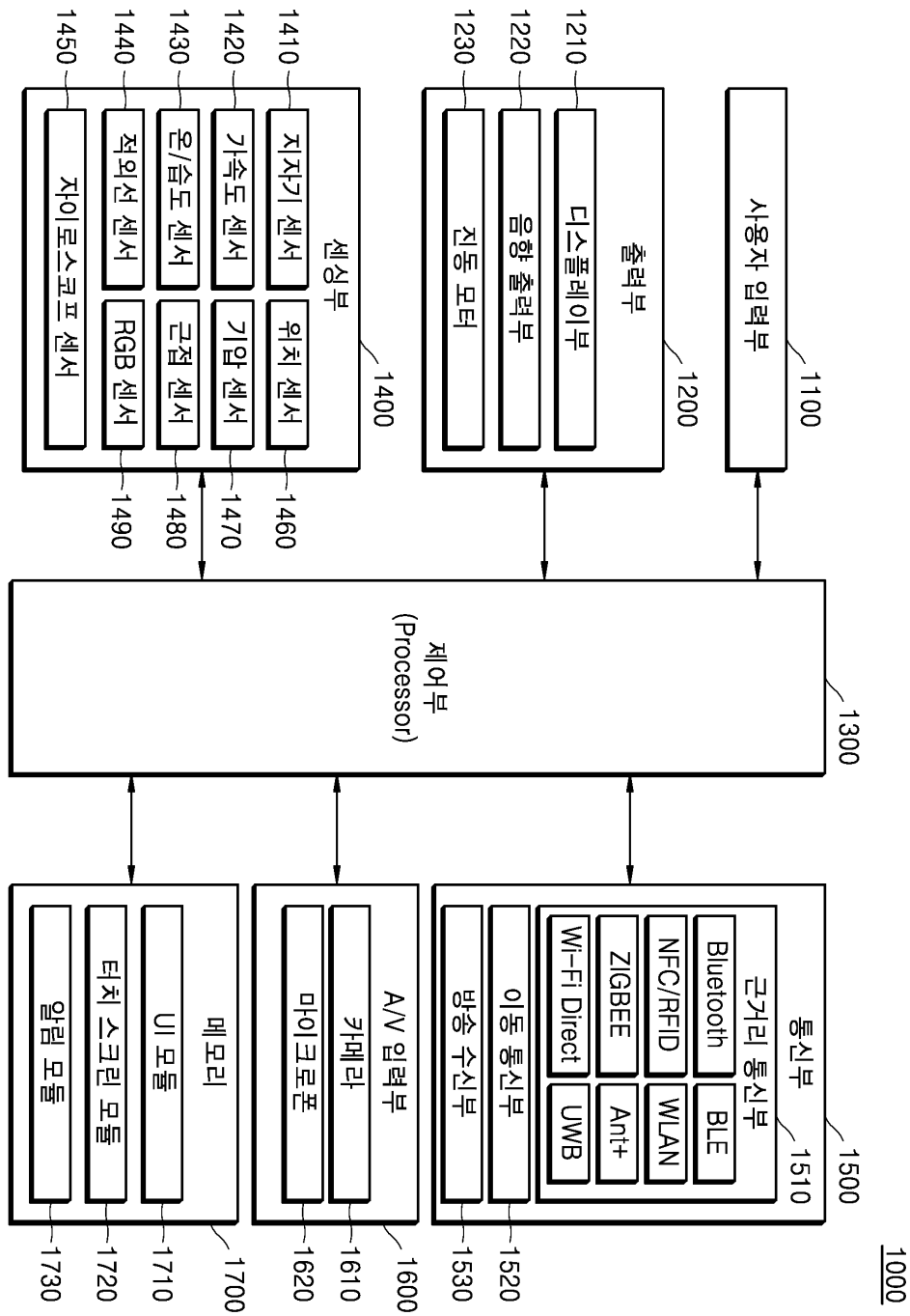
도면1



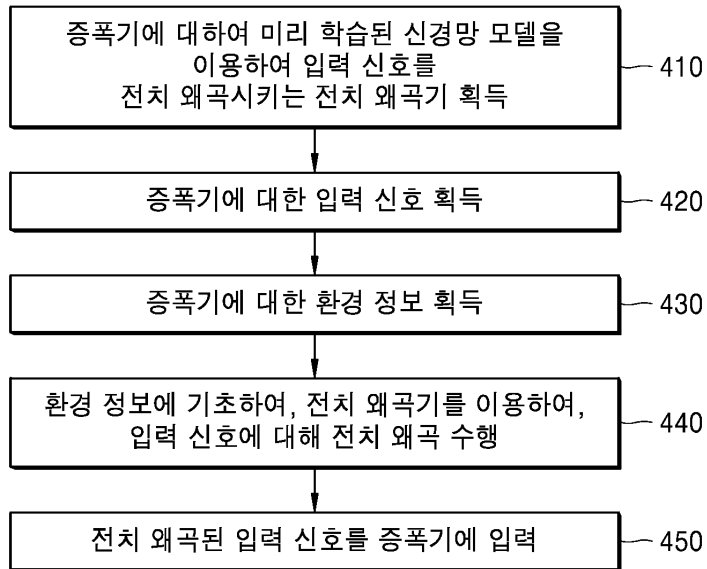
도면2



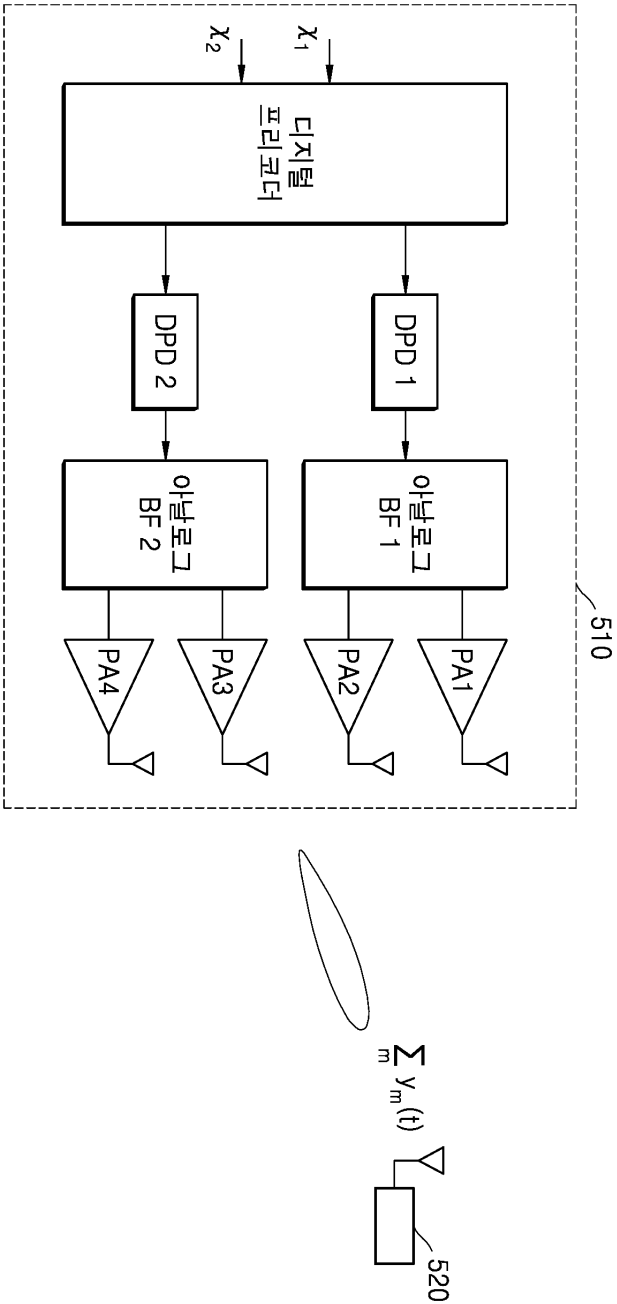
도면3



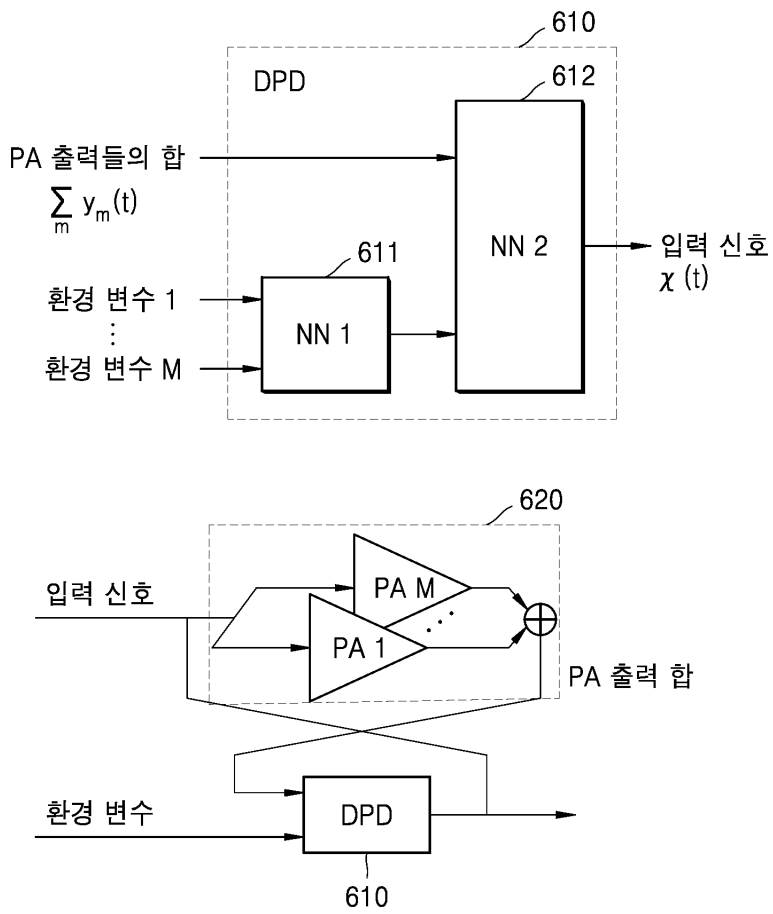
도면4



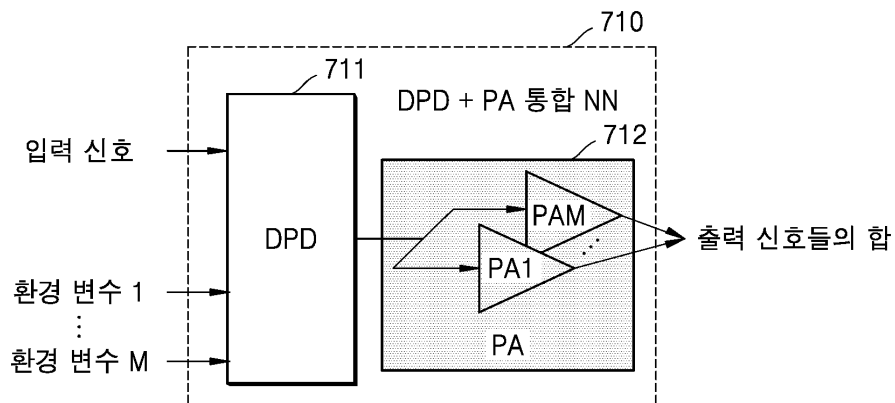
도면5



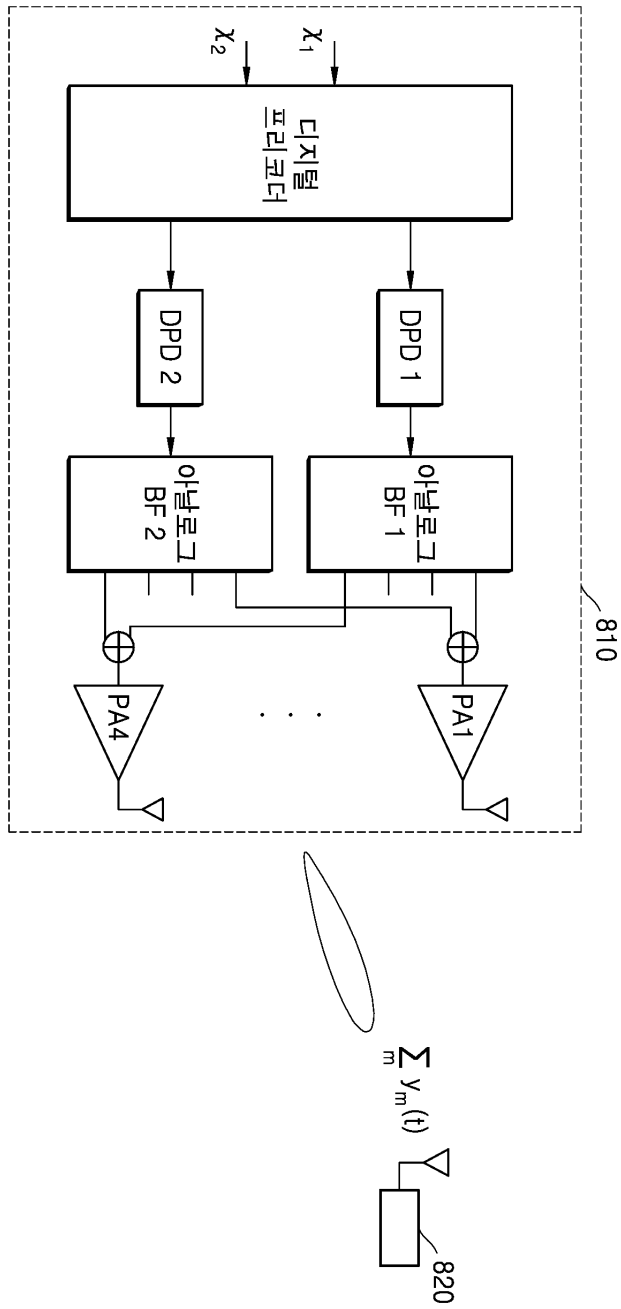
도면6



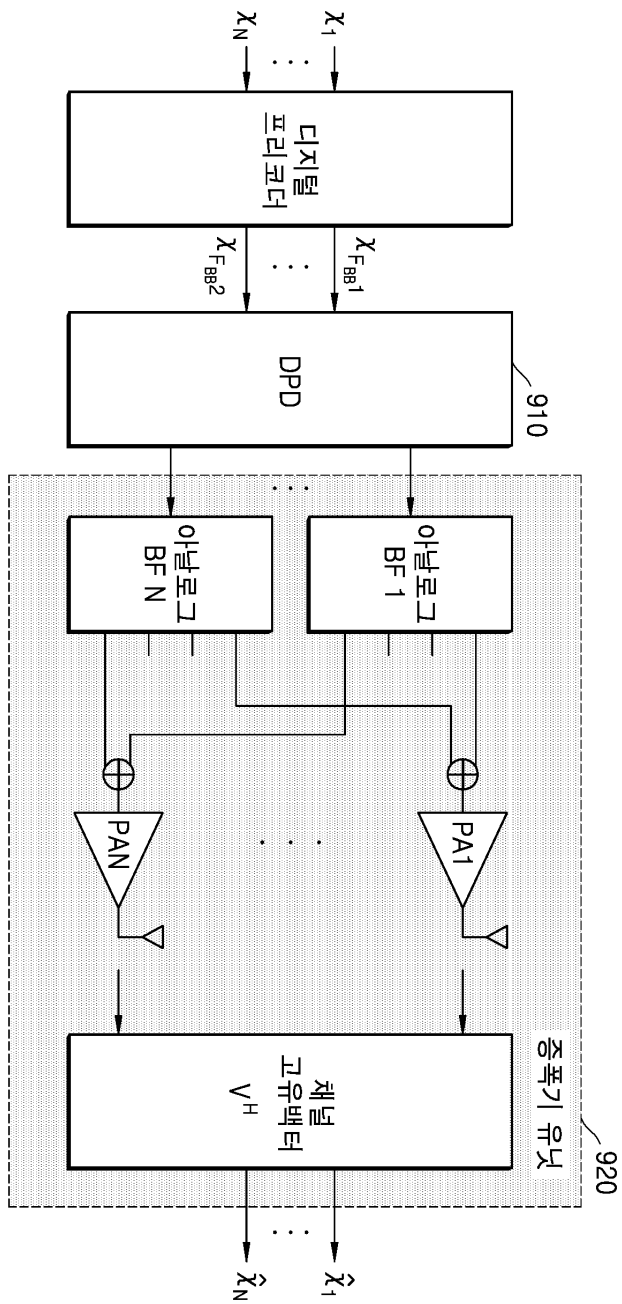
도면7



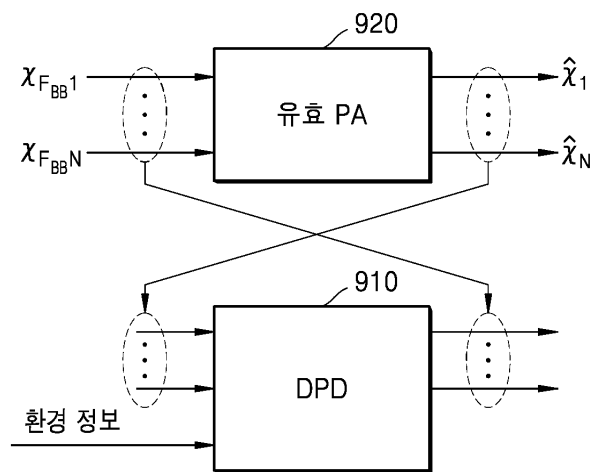
도면8



도면9



도면10



도면11

