



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년08월18일
(11) 등록번호 10-2568492
(24) 등록일자 2023년08월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04L 1/00 (2006.01) G06N 3/02 (2023.01)
H04L 25/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H04L 1/0035 (2013.01)
G06N 3/02 (2023.01)
(21) 출원번호 10-2022-0033059
(22) 출원일자 2022년03월17일
심사청구일자 2022년03월17일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020210119563 A
KR1020190113114 A
KR101706618 B1
KR101662505 B1

(73) 특허권자
경상국립대학교산학협력단
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)
(72) 발명자
반태원
부산광역시 강서구 명지오션시티12로 92 (명지동,
엘크루 블루오션) 511동 803호
(74) 대리인
특허법인이상

전체 청구항 수 : 총 16 항

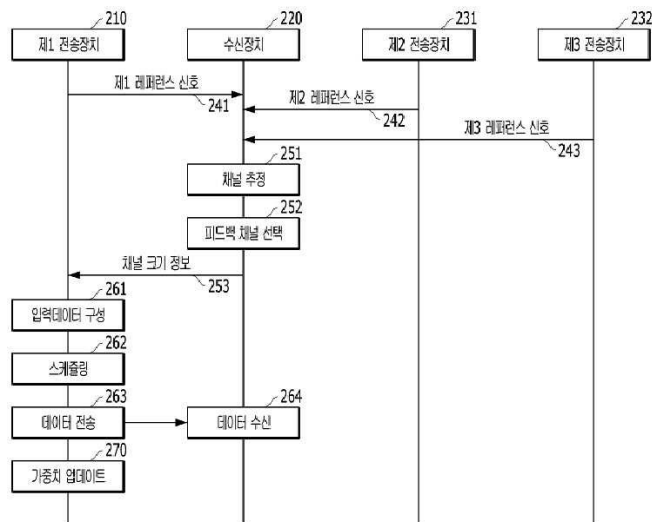
심사관 : 강석제

(54) 발명의 명칭 이진 피드백을 이용한 인공 신경망 기반의 통신 시스템

(57) 요약

전송 장치가 기지국 등을 경유하지 않고 수신 장치로 데이터를 직접 전송하는 D2D 통신 시스템의 스케줄링 기법이 개시된다. 개시된 스케줄링 기법에 따르면, 수신 장치와 전송 장치 사이의 채널을 완벽하게 파악하지 못한 상황에서 인공 신경망을 이용한 스케줄링을 이용해 효율적으로 데이터를 전송할 수 있으며, 채널 상태를 피드백하기 위한 오버헤드를 최소화할 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H04L 1/0015 (2013.01)

H04L 1/0026 (2013.01)

H04L 25/0224 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1306119512
과제번호	2020R1I1A306119512
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	지역대학우수과학자지원사업
연구과제명	배타적 논리합 기반 부호화를 활용한 유무선 통합 멀티미디어 스트리밍 시스템 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	해양산업연구센터
연구기간	2021.03.01 ~ 2022.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

수신 장치로 데이터를 전송하는 전송 장치에 있어서,
복수의 다른 전송 장치와 상기 수신 장치까지의 제2 채널들 중에서 상기 전송 장치로부터 상기 수신 장치까지의 제1 채널의 크기 보다 크기가 더 큰 제3 채널에 대응하는 다른 전송 장치의 식별자를 수신하는 수신부;
상기 다른 전송 장치의 식별자에 기반하여 인공 신경망의 입력 데이터를 구성하는 입력 데이터 구성부; 및
상기 구성된 입력 데이터를 인공 신경망에 입력하여 다음 시간 구간 동안에 상기 수신 장치로 데이터를 전송할지 여부를 결정하는 스케줄링부
를 포함하는 전송 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 수신 장치로 레퍼런스 신호를 전송하는 전송부
를 더 포함하고,
상기 레퍼런스 신호는 상기 제1 채널의 상태를 추정하기 위해 사용되고, 상기 제1 채널의 크기 정보는 상기 추정된 제1 채널의 상태에 기반하여 생성된 것인 전송 장치.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 스케줄링부는
상기 입력 데이터를 입력 받는 제1 레이어 및 상기 제1 레이어의 출력값을 입력 받아 스칼라인 제1 출력값을 출력하는 제2 레이어로 구성된 제1 스트림부;
상기 제1 레이어 및 상기 제1 레이어의 출력값을 입력 받아 어레이인 제2 출력값을 출력하는 제3 레이어로 구성된 제2 스트림부; 및
상기 제1 출력값과 상기 제2 출력값을 결합한 액션 밸류값에 기초하여 상기 수신 장치로 데이터를 전송할지 여부를 결정하는 결정부
를 포함하는 전송 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,
상기 수신장치로 데이터를 전송할지 여부에 따라 상기 전송 장치 및 상기 다른 전송 장치들의 데이터 전송물의 총합을 산출하는 데이터 전송물 산출부
를 더 포함하는 전송 장치

청구항 5

제4항에 있어서,
상기 입력 데이터, 상기 다음 시간 구간 동안에 상기 수신 장치로 데이터를 전송할지 여부 및 상기 데이터 전송물의 총합을 저장하는 메모리
를 더 포함하는 전송 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제1 레이어, 상기 제2 레이어, 상기 제3 레이어의 가중치를 상기 액션 밸류값이 목표값에 근접하도록 업데이트하는 가중치 업데이트부

를 더 포함하는 전송 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 가중치 업데이트부는 상기 메모리에 저장된 값들을 임의로 선택하여 상기 제1 레이어, 상기 제2 레이어, 상기 제3 레이어의 가중치를 업데이트하는 전송 장치.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 목표값은 데이터 전송률의 총합인 전송 장치.

청구항 9

전송 장치로부터 데이터를 수신하는 수신 장치에 있어서,

상기 전송 장치로부터 상기 수신 장치까지의 제1 채널의 크기 정보를 산출하고, 복수의 다른 전송 장치로부터 상기 수신 장치까지의 제2 채널들의 크기 정보를 산출하는 채널 크기 산출부; 및

상기 제2 채널들 중에서 상기 제1 채널의 크기 보다 크기가 더 큰 제3 채널에 대응되는 다른 전송 장치의 식별자를 상기 전송 장치로 전송하는 전송부

를 포함하고,

상기 다른 전송 장치의 식별자는 인공 신경망에 입력되어 다음 시간 구간 동안에 상기 전송 장치로부터 데이터를 수신할지 여부가 결정되는 수신 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 전송 장치 및 상기 다른 전송 장치들로부터 각각 레퍼런스 신호를 수신하는 수신부; 및

상기 수신한 레퍼런스 신호들을 이용하여 상기 제1 채널의 상태 및 상기 제2채널들의 상태를 추정하는 채널 상태 추정부

를 더 포함하고,

상기 채널 크기 산출부는 상기 제1 채널의 상태에 기반하여 상기 제1 채널의 크기 정보를 산출하고, 상기 제2 채널들의 상태에 기반하여 상기 제2 채널들의 크기 정보를 산출하는 수신 장치.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 인공 신경망은 상기 전송 장치 및 상기 다른 전송 장치들의 데이터 전송률의 총합이 최대가 되도록 상기 데이터를 수신할지 여부를 결정하는 수신 장치.

청구항 12

수신 장치로 데이터를 전송하는 전송 장치의 동작 방법에 있어서,

복수의 다른 전송 장치와 상기 수신 장치까지의 제2 채널들 중에서 상기 전송 장치로부터 상기 수신 장치까지의 제1 채널의 크기 보다 크기가 더 큰 제3 채널에 대응하는 다른 전송 장치의 식별자를 수신하는 단계;

상기 다른 전송 장치의 식별자에 기반하여 인공 신경망의 입력 데이터를 구성하는 단계; 및

상기 구성된 입력 데이터를 인공 신경망에 입력하여 다음 시간 구간 동안에 상기 수신 장치로 데이터를 전송할지 여부를 결정하는 단계

를 포함하는 전송 장치의 동작 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 수신 장치로 레퍼런스 신호를 전송하는 단계

를 더 포함하고,

상기 레퍼런스 신호는 상기 제1 채널의 상태를 추정하기 위해 사용되고, 상기 제1 채널의 크기 정보는 상기 추정된 제1 채널의 상태에 기반하여 생성된 것인 전송 장치의 동작 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 수신장치로 데이터를 전송할지 여부에 따라 상기 전송 장치 및 상기 다른 전송 장치들의 데이터 전송률의 총합을 산출하는 단계

를 더 포함하는 전송 장치의 동작 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 입력 데이터, 상기 다음 시간 구간 동안에 상기 수신 장치로 데이터를 전송할지 여부 및 상기 데이터 전송률의 총합을 저장하는 단계

를 더 포함하는 전송 장치의 동작 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 데이터 전송률의 총합이 최대가 되도록 상기 인공 신경망의 가중치를 업데이트하는 단계

를 더 포함하는 전송 장치의 동작 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 하기의 실시예들은 인공 신경망 기반의 통신 시스템에 관한 것으로, 구체적으로는 수신 장치가 생성한 복수의 채널 상태 정보들 중에서 일부 채널 상태 정보를 이진화하여 전송함으로써 피드백 정보의 양을 크게 감소시킨 통신 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 무선 인터넷이 대중화됨에 따라, 무선 통신 네트워크를 이용한 데이터 트래픽이 급증하고 있다. 음악, 동영상의 스트리밍 수요가 증가하고 있는 것이 주된 원인이다.

[0003] 통신 시스템은 데이터를 전송하는 복수의 전송 장치를 포함할 수 있다. 각 전송 장치들은 서로 간의 데이터 전송을 방해하지 않는 범위 내에서 동일한 주파수를 사용하거나, 서로 다른 시간 구간에 데이터를 전송함으로써 주파수 효율을 극대화할 수 있다.

[0004] 다만, 각 전송 장치가 데이터를 전송하는 시간을 잘 선택하기 위해서는 각 전송 장치와 각 수신 장치 사이의 채널 상태를 완벽하게 파악해야 하나, 이것은 실질적으로 불가능하여 채널 상태를 완벽하게 파악하지 못하는 상황

에서의 스케줄링 기법에 대한 연구가 많이 진행되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 하기 실시예들의 목적은 수신 장치가 생성한 복수의 채널 상태 정보들 중에서 일부 채널 상태 정보를 이진화하여 전송함으로써 피드백 정보의 양을 크게 감소시키는 것을 목적으로 한다.
- [0006] 하기 실시예들의 목적은 피드백 정보의 양이 크게 감소한 경우의 데이터 전송 속도의 합이 모든 피드백 정보를 피드백한 경우의 데이터 전송 속도의 합과 유사한 스케줄링 기법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0007] 예시적 실시예에 따르면, 수신 장치와 함께 D2D 페어(pair)에 포함되고, 상기 수신 장치로 데이터를 직접 전송하는 전송 장치에 있어서, 복수의 다른 전송 장치와 상기 수신 장치까지의 제2 채널들 중에서 상기 전송 장치로부터 상기 수신 장치까지의 제1 채널의 크기 보다 크기가 더 큰 제3 채널에 대응하는 다른 전송 장치의 식별자를 수신하는 수신부, 상기 다른 전송 장치의 식별자에 기반하여 인공 신경망의 입력 데이터를 구성하는 입력 데이터 구성부 및 상기 구성된 입력 데이터를 인공 신경망에 입력하여 다음 시간 구간 동안에 상기 수신 장치로 데이터를 전송할지 여부를 결정하는 스케줄링부를 포함하는 전송 장치가 개시된다.
- [0008] 여기서, 상기 수신 장치로 레퍼런스 신호를 전송하는 전송부를 더 포함하고, 상기 레퍼런스 신호는 상기 제1 채널의 상태를 추정하기 위해 사용되고, 상기 제1 채널의 크기 정보는 상기 추정된 제1 채널의 상태에 기반하여 생성된 것일 수 있다.
- [0009] 그리고, 상기 스케줄링부는 상기 입력 데이터를 입력 받는 제1 레이어 및 상기 제1 레이어의 출력값을 입력 받아 스칼라인 제1 출력값을 출력하는 제2 레이어로 구성된 제1 스트림부, 상기 제1 레이어 및 상기 제1 레이어의 출력값을 입력 받아 어레이인 제2 출력값을 출력하는 제3 레이어로 구성된 제2 스트림부 및 상기 제1 출력값과 상기 제2 출력값을 결합한 액션 밸류값에 기초하여 상기 수신 장치로 데이터를 전송할지 여부를 결정하는 결정부를 포함할 수 있다.
- [0010] 또한, 상기 수신장치로 데이터를 전송할지 여부에 따라 상기 전송 장치 및 상기 다른 전송 장치들의 데이터 전송률의 총합을 산출하는 데이터 전송률 산출부를 더 포함할 수 있다.
- [0011] 여기서, 상기 입력 데이터, 상기 다음 시간 구간 동안에 상기 수신 장치로 데이터를 전송할지 여부 및 상기 데이터 전송률의 총합을 저장하는 메모리를 더 포함할 수 있다.
- [0012] 그리고, 상기 제1 레이어, 상기 제2 레이어, 상기 제3 레이어의 가중치를 상기 액션 밸류값이 목표값에 근접하도록 업데이트하는 가중치 업데이트부를 더 포함할 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 가중치 업데이트부는 상기 메모리에 저장된 값들을 임의로 선택하여 상기 제1 레이어, 상기 제2 레이어, 상기 제3 레이어의 가중치를 업데이트할 수 있다.
- [0014] 여기서, 상기 목표값은 데이터 전송률의 총합일 수 있다.
- [0015] 또 다른 예시적 실시예에 따르면, 전송 장치와 함께 D2D 페어에 포함되고, 상기 전송 장치로부터 데이터를 직접 수신하는 수신 장치에 있어서, 상기 전송 장치로부터 상기 수신 장치까지의 제1 채널의 크기 정보를 산출하고, 복수의 다른 전송 장치로부터 상기 수신 장치까지의 제2 채널들의 크기 정보를 산출하는 채널 크기 산출부 및 상기 제2 채널들 중에서 상기 제1 채널의 크기 보다 크기가 더 큰 제3 채널에 대응되는 다른 전송 장치의 식별자를 상기 전송 장치로 전송하는 전송부를 포함하고, 상기 제3 채널의 크기 정보가 인공 신경망에 입력되어 다음 시간 구간 동안에 상기 전송 장치로부터 데이터를 수신할지 여부가 결정되는 수신 장치가 개시된다.
- [0016] 여기서, 상기 전송 장치 및 상기 다른 전송 장치들로부터 각각 레퍼런스 신호를 수신하는 수신부 및 상기 수신한 레퍼런스 신호들을 이용하여 상기 제1 채널의 상태 및 상기 제2채널들의 상태를 추정하는 채널 상태 추정부를 더 포함하고, 상기 채널 크기 산출부는 상기 제1 채널의 상태에 기반하여 상기 제1 채널의 크기 정보를 산출하고, 상기 제2 채널들의 상태에 기반하여 상기 제2 채널들의 크기 정보를 산출할 수 있다.
- [0017] 그리고, 상기 인공 신경망은 상기 전송 장치 및 상기 다른 전송 장치들의 데이터 전송률의 총합이 최대가 되도록 상기 데이터를 수신할지 여부를 결정할 수 있다.

[0018] 또 다른 예시적 실시예에 따르면, 수신 장치와 함께 D2D 페어(pair)에 포함되고, 상기 수신 장치로 데이터를 직접 전송하는 전송 장치의 동작 방법에 있어서, 복수의 다른 전송 장치와 상기 수신 장치까지의 제2 채널들 중에서 상기 전송 장치로부터 상기 수신 장치까지의 제1 채널의 크기 보다 크기가 더 큰 제3 채널에 대응하는 다른 전송 장치의 식별자를 수신하는 단계, 상기 다른 전송 장치의 식별자에 기반하여 인공 신경망의 입력 데이터를 구성하는 단계 및 상기 구성된 입력 데이터를 인공 신경망에 입력하여 다음 시간 구간 동안에 상기 수신 장치로 데이터를 전송할지 여부를 결정하는 단계를 포함하는 전송 장치의 동작 방법이 개시된다.

[0019] 여기서, 상기 수신 장치로 레퍼런스 신호를 전송하는 단계를 더 포함하고, 상기 레퍼런스 신호는 상기 제1 채널의 상태를 추정하기 위해 사용되고, 상기 제1 채널의 크기 정보는 상기 추정된 제1 채널의 상태에 기반하여 생성된 것일 수 있다.

[0020] 그리고, 상기 수신장치로 데이터를 전송할지 여부에 따라 상기 전송 장치 및 상기 다른 전송 장치들의 데이터 전송률의 총합을 산출하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0021] 또한, 상기 입력 데이터, 상기 다음 시간 구간 동안에 상기 수신 장치로 데이터를 전송할지 여부 및 상기 데이터 전송률의 총합을 저장하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0022] 여기서, 상기 데이터 전송률의 총합이 최대가 되도록 상기 인공 신경망의 가중치를 업데이트하는 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0023] 하기 실시예들에 따르면 수신 장치가 생성한 복수의 채널 상태 정보들 중에서 일부 채널 상태 정보만을 전송하여 피드백 정보의 양을 크게 감소시킬 수 있다.

[0024] 하기 실시예들에 따르면 피드백 정보의 양이 크게 감소한 경우의 데이터 전송 속도의 합을 모든 피드백 정보를 피드백한 경우의 데이터 전송 속도의 합과 유사하도록 스케줄링 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 분산 스케줄링 기법을 이용해 데이터를 전송하는 D2D 통신 시스템을 도시한 도면이다.
- 도 2는 예시적 실시예에 따라 부분 피드백을 이용해 분산 스케줄링을 수행하는 D2D 통신 시스템의 전송 장치와 수신 장치의 동작을 도시한 순서도이다.
- 도 3은 D2D 통신 시스템에 포함된 전송 장치 및 수신 장치들 간의 무선 채널을 도시한 도면이다.
- 도 4는 예시적 실시예에 따라 부분 피드백을 이용한 분산 스케줄링 기법에서 정보의 흐름을 도시한 다이어그램이다.
- 도 5는 예시적 실시예에 따른 전송 장치의 구조를 도시한 블록도이다.
- 도 6은 예시적 실시예에 따른 수신 장치의 구조를 도시한 블록도이다.
- 도 7은 예시적 실시예에 따른 전송 장치의 동작 방법을 도시한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 이하, 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0027] 도 1은 분산 스케줄링 기법을 이용해 데이터를 전송하는 D2D 통신 시스템을 도시한 도면이다.
- [0028] D2D 통신 시스템에 포함된 전송 장치들(110, 151, 161)은 수신 장치(120, 152, 162)와 페어링하여 D2D 페어(130, 150, 160)를 구성한다. 각 전송 장치들(110, 151, 161)은 페어링된 수신 장치(120, 152, 162)로 데이터를 직접 전송한다. 즉, 제1 전송 장치(110)는 제1 수신 장치(120)로 데이터를 전송하고, 제2 전송 장치(151)는 제2 수신 장치(152)로 데이터를 전송하며, 제3 전송 장치(161)는 제3 수신 장치(162)로 데이터를 전송한다.
- [0029] 제1 수신 장치(120)는 제2 전송 장치(151) 및 제3 전송 장치(161)가 전송한 데이터를 수신한다. 제1 수신 장치(120)가 제2 전송 장치(151) 및 제3 전송 장치(161)로부터 수신한 데이터는 간접 데이터로, 제1 전송 장치(110)로부터의 데이터 전송을 방해한다.
- [0030] D2D 통신 시스템에 포함된 전송 장치들(110, 151, 161)과 수신 장치들(120, 152, 162)이 동일한 주파수 대역을

이용하여 데이터를 전송한다는 점을 고려하면, 제2 전송 장치(151)로부터 제1 수신 장치(120)까지의 채널 상태, 제3 전송 장치(161)로부터 제1 수신 장치(120)까지의 채널 상태 등을 고려하여 제1 전송 장치(110)가 제1 수신 장치(120)로 데이터를 전송할지 여부를 결정할 수 있다.

- [0031] 업링크 주파수 대역과 다운링크 주파수 대역이 동일한 FDD(Full-Duplex) 방식을 사용하는 경우, 제1 전송 장치(110)는 제1 수신 장치(120)로 데이터를 전송할지 여부를 결정하기 위해 제1 전송 장치(110)로부터 제1 수신 장치(120)까지의 제1 채널의 크기 정보, 제2 전송 장치(151)로부터 제1 수신 장치(120)까지의 제2 채널의 크기 정보 및 제3 전송 장치(161)로부터 제1 수신 장치(120)까지의 제3 채널의 크기 정보를 제1 수신 장치(120)로부터 피드백 받아야 한다.
- [0032] 제1 전송 장치(110)가 제1 수신 장치(120)로 데이터를 전송할지 여부를 결정하기 위해서는 각 채널의 크기에 대한 정확한 값을 알아야 하나, 피드백을 위해 많은 비트를 할당한다면 오버헤드가 커진다. 따라서, 제1 수신 장치(120)로부터 최소한의 정보를 피드백 받으면서도 제1 전송 장치(110)의 데이터 전송 여부를 정확히 결정하는 스케줄링 기법이 필요하다.
- [0033] 예시적 실시예에 따른 스케줄링 기법은 각 채널의 크기를 비교한 후 수신 장치(120)가 최소한의 정보만을 피드백한 경우에도 전송 장치(110)가 효과적으로 스케줄링 할 수 있어 D2D 통신 시스템의 오버헤드를 최소화하고, 주파수 효율을 극대화할 수 있다.
- [0035] 도 2는 예시적 실시예에 따라 부분 피드백을 이용해 분산 스케줄링을 수행하는 D2D 통신 시스템의 전송 장치와 수신 장치의 동작을 도시한 순서도이다.
- [0036] 단계(241)에서, 제1 전송 장치(210)는 수신 장치(220)로 제1 레퍼런스 신호를 전송한다. 여기서, 제1 전송 장치(210)와 수신 장치(220)는 서로 페어링되어 D2D 페어를 구성한다.
- [0037] 단계(242)에서, 제2 전송 장치(231)는 제2 레퍼런스 신호를 수신 장치(220)로 전송한다.
- [0038] 단계(243)에서, 제3 전송 장치(232)는 제3 레퍼런스 신호를 수신 장치(220)로 전송한다.
- [0039] 단계(251)에서, 수신 장치(220)는 수신한 제1 레퍼런스 신호를 이용하여 제1 전송 장치(210)로부터 수신 장치(220)까지의 제1 채널의 상태를 추정한다. 또한, 수신 장치(220)는 수신한 제2 레퍼런스 신호를 이용하여 제2 전송 장치(231)로부터 수신 장치(220)까지의 제2 채널의 상태를 추정하고, 수신한 제3 레퍼런스 신호를 이용하여 제3 전송 장치(232)로부터 수신 장치(220)까지의 제3 채널의 상태를 추정한다.
- [0040] 단계(252)에서, 수신 장치는(220) 제1 전송 장치(210)로 피드백할 채널을 선택한다. 일측에 따르면, 수신 장치는 각 채널의 크기를 비교하고, 비교 결과에 따라 피드백할 채널을 선택할 수 있다. 예를 들어, 수신 장치(220)는 자신과 페어링된 제1 전송 장치(210)와 관련된 제1 채널의 크기 보다 더 큰 채널에 대한 정보만을 피드백할 수 있다. 또한, 구체적인 채널의 크기가 아니라, 제1 채널의 크기 보다 더 큰지, 작은지에 대한 정보만을 피드백할 수 있다.
- [0041] 제2 채널의 크기가 제1 채널의 크기보다 크고, 제3 채널의 크기가 제1 채널의 크기보다 작은 경우, 수신 장치(220)는 제2 채널만을 피드백 채널로 선택하고, 제2 채널과 관련된 제2 전송 장치(231)의 식별자만을 피드백할 수 있다.
- [0042] 단계(253)에서, 수신 장치(220)는 선택된 피드백 채널과 관련된 전송 장치(231)의 식별자만을 제1 전송 장치(210)로 전송한다.
- [0043] 단계(261)에서 제1 전송 장치(310)는 수신한 식별자에 입력 데이터를 구성한다. 입력 데이터는 스케줄링을 수행하는 인공 신경망의 입력으로 제공된다. 제1 전송 장치(210)는 피드백 되지 않은 제3 채널의 크기를 임의의 값으로 설정하여 입력 데이터를 구성할 수 있으며, 예를 들어 제1 전송 장치(210)는 피드백 되지 않은 제3 채널의 크기를 '0'으로 설정하고, 또한 피드백 된 제2 채널의 크기는 '1'로 설정할 수 있다.
- [0044] 단계(262)에서 제1 전송 장치(210)는 입력 데이터를 인공 신경망에 입력하여 스케줄링을 수행하여 다음 시간 구간 동안에 수신 장치(220)로 데이터를 전송할지 여부를 결정할 수 있다.
- [0045] 단계(263)에서 제1 전송 장치(210)는 단계(262)에서의 결과에 따라 수신 장치(220)로 데이터를 전송한다.
- [0046] 단계(264)에서, 수신 장치(220)는 제1 전송 장치(210)로부터 데이터를 수신한다.
- [0047] 단계(270)에서, 제1 전송 장치(210)는 다음 시간 구간에서 스케줄링을 수행하기 위해 인공 신경망의 가중치를

업데이트할 수 있다.

[0049] 도 3은 D2D 통신 시스템에 포함된 전송 장치 및 수신 장치들 간의 무선 채널을 도시한 도면이다.

[0050] 제1 전송 장치(310)는 제1 수신 장치(320)와 페어링되어 D2D 페어를 구성하고, 제2 전송 장치(330)는 제2 수신 장치(340)와 페어링되어 D2D 페어를 구성하고, 제3 전송 장치(350)는 제3 수신 장치(360)와 페어링되어 D2D 페어를 구성한다.

[0051] 제1 전송 장치(310)로부터 제1 수신 장치(320)까지의 채널(371)은 신호 채널이나, 제2 전송 장치(330)로부터 제1 수신 장치(320)까지의 채널(374) 및 제3 전송 장치(350)로부터 제1 수신 장치(320)까지의 채널(378)은 간섭 채널이다. 제1 수신 장치(320)는 간섭 채널(374, 378)들 중에서 크기가 신호 채널(371)의 크기보다 작은 채널의 정보는 피드백 하지 않아 피드백 정보를 감소시킬 수 있으며, 제1 전송 장치(310)는 일부 채널에 대한 정보가 피드백 되지 않은 경우에도 인공 신경망을 이용해 효율적으로 스케줄링을 수행할 수 있다.

[0052] 제2 전송 장치(330) 및 제3 전송 장치(350)도 제1 전송 장치(310)와 유사한 방법으로 스케줄링을 수행하고, 각 전송 장치(330, 350)와 페어링된 수신 장치(340, 360)로 데이터를 전송할지 여부를 결정할 수 있다.

[0054] 도 4는 예시적 실시예에 따라 부분 피드백을 이용한 분산 스케줄링 기법에서 정보의 흐름을 도시한 다이어그램이다.

[0055] 도 4에 도시된 예시적 실시예에서, 스케줄링을 수행하는 인공 신경망으로 듀얼링 심층 Q 네트워크(Dueling Deep Q-network)가 이용될 수 있다. 일측에 따르면, 인공 신경망은 3개의 메인 레이어(411, 412, 413)로 구성된다. 일측에 따르면, 각각의 메인 레이어(411, 412, 413)은 복수의 서브 레이어와 ReLU 함수를 이용해 구성될 수 있다.

[0056] 제1 스트림은 제1 레이어(411)와 제2 레이어(412)로 구성된다. 제1 레이어(411)는 채널의 크기 정보, 이전 시간 구간에서 전송 장치의 데이터 전송 여부 등으로 구성된 입력 데이터를 입력 받아 출력값을 출력하고, 제1 레이어(411)의 출력값은 제2 레이어(412)로 입력된다. 제2 레이어의 출력값은 스칼라(scalar)이며 하기 수학식 1과 같이 표현될 수 있다.

[0058] [수학식 1]

$$V(s_i^t; \theta, \alpha)$$

[0060]

[0062] 여기서, s_i^t 은 시간 구간 t에서 i번째 전송 장치의 입력 데이터를 의미하고, θ 는 제1 레이어(411)의 가중치, α 는 제2 레이어(412)의 가중치를 나타낸다.

[0064] 제2 스트림은 제1 레이어(411)와 제3 레이어(413)으로 구성된다. 제1 레이어(411)는 채널의 크기 정보, 이전 시간 구간에서 전송 장치의 데이터 전송 여부 등으로 구성된 입력 데이터를 입력 받아 출력값을 출력하고, 제1 레이어(411)의 출력값은 제3 레이어(413)로 입력된다. 제3 레이어의 출력값은 크기가 2인 벡터이며, 하기 수학식 2와 같이 표현될 수 있다.

[0066] [수학식 2]

$$A(s_i^t, a; \theta, \beta)$$

[0068]

[0070] 여기서, $a \in \{0, 1\}$ 이다. a 는 해당 전송 장치가 시간 구간 t에서 수신 장치로 데이터를 전송했는지 여부를 나타내며, a 의 값이 0이면 데이터를 전송하지 않은 것을, a 의 값이 1이면 데이터를 전송한 것을 나타낸다.

[0071] 제1 스트림과 제2 스트림의 출력값은 스케줄링 단계(420)에서 결합되어 액션 벨류값이 생성된다. 액션 벨류값은 하기 수학식 3과 같이 생성될 수 있다.

[0073] [수학식 3]

$$Q_i^t(s_i^t, a; \theta, \alpha, \beta) = V(s_i^t; \theta, \alpha) + A(s_i^t, a; \theta, \beta) - \mathbb{E}_a[A(s_i^t, a; \theta, \beta)]$$

[0075]

[0077] 여기서, $Q_i^t(s_i^t, a; \theta, \alpha, \beta)$ 는 시간 구간 t 에서 i 번째 전송 장치의 액션 벨류값이고, $\mathbb{E}_a[A(s_i^t, a; \theta, \beta)]$ 는 제2 스트림의 출력값인 $A(s_i^t, a; \theta, \beta)$ 의 a 에 대한 평균값이다.

[0078] 스케줄링부(420)는 하기 수학식 4를 만족하도록 a_i^t 의 값을 결정할 수 있다.

[0080] [수학식 4]

$$a_i^t = \arg \max_{a \in \{0,1\}} Q_i^t(s_i^t, a; \theta, \alpha, \beta)$$

[0082]

[0084] 만약, a_i^t 의 값이 1이라면, i 번째 전송 장치의 데이터 전송부(430)는 c_i^t 의 데이터 전송물로 데이터를 전송한다.

[0085] i 번째 전송 장치의 데이터 전송물 산출부(450)는 수신 장치들의 방송 정보를 이용하여 D2D 통신 시스템 전체의 데이터 전송물을 산출할 수 있다. 시간 구간 t 에서 D2D 통신 시스템 전체의 데이터 전송물은 하기 수학식 5와 같이 각 전송 장치의 데이터 전송물의 합으로 정의될 수 있다.

[0087] [수학식 5]

$$r_i^t \triangleq \sum_{j=1}^K c_j^t$$

[0089]

[0091] 여기서, i 는 전송 장치를 구분하는 인덱스인데, D2D 통신 시스템 전체의 데이터 전송물은 전송 장치와 관계없이 동일하므로 인덱스 i 를 생략할 수 있다.

[0092] i 번째 전송 장치의 메모리 저장부(461)는 시간 구간 t 에서의 i 번째 전송 장치의 입력 데이터 s_i^t , 데이터를 전송했는지 여부를 나타내는 a_i^t , 시간 구간 t 에서 D2D 통신 시스템 전체의 데이터 전송물 r_i^t 을 저장한다.

[0093] i 번째 전송 장치의 가중치 업데이트부(462)는 메모리에 저장된 파라미터들을 이용하여 각 레이어들(411, 412, 413)의 가중치를 업데이트 한다. 일측에 따르면, 가중치 업데이트부(462)는 액션 벨류값이 목표값에 근접하도록 하기 수학식 6과 같이 각 레이어들(411, 412, 413)의 가중치를 업데이트할 수 있다.

[0095] [수학식 6]

$$\hat{Q}_i^t = r^t + \eta \max_{a'} Q_i^t(s_i^{t+1}, a'; \theta_i^t, \alpha_i^t, \beta_i^t)$$

[0097]

[0099] 여기서, $\hat{Q}_i^t$ 는 목표값이고, η 는 상수이다.

[0101] 수학식 6에서, 가중치 업데이트부(462)는 하기 수학식 7의 값이 최소화되도록 각 레이어들(411, 412, 413)의 가중치를 업데이트할 수도 있다.

[0103] [수학적식 7]

$$\|Q_i^t(s_i^t, a_i^t; \theta_i^t, \alpha_i^t, \beta_i^t) - \hat{Q}_i^t\|^2$$

[0105]

[0107] 또한, i번째 전송 장치의 피드백 수신부(440)는 i번째 수신 장치로부터 피드백 정보를 수신한다. 일측에 따르면, i번째 수신 장치로부터의 피드백 정보에는 D2D 통신 시스템의 일부 다른 전송 장치에 대한 채널 정보는 포함되어 있지 않을 수 있다.

[0108]

입력 데이터 구성부(441)는 피드백 정보에 기반하여 인공 신경망의 입력 데이터를 구성한다. 일측에 따르면 입력 데이터 구성부(441)는 누락된 채널 정보를 임의의 값으로 채워넣어 입력 데이터를 구성할 수 있다.

[0110]

도 5는 예시적 실시예에 따른 전송 장치의 구조를 도시한 블록도이다. 예시적 실시예에 따른 전송 장치(500)는 전송부(510), 수신부(520), 입력 데이터 구성부(530), 스케줄링부(540), 데이터전송률 산출부(550), 메모리부(560), 가중치 업데이트부(570)를 포함할 수 있다.

[0111]

전송 장치(500)는 수신 장치(580)와 페어링되어 D2D 페어에 포함된다. 전송 장치(500)는 페어링된 수신 장치(580)로 데이터를 전송한다.

[0112]

전송부(510)는 수신 장치(580)로 제1 레퍼런스 신호를 전송한다. 전송 장치(500)의 주변에 위치한 다른 전송 장치(591, 593)들도 다른 전송 장치(591, 593)와 페어링된 다른 수신 장치(592, 594)로 제2 레퍼런스 신호 및 제3 레퍼런스 신호를 전송할 수 있다.

[0113]

수신 장치(580)는 전송부(510)로부터의 제1 레퍼런스 신호와 다른 전송 장치(591, 593)들로부터의 제2 레퍼런스 신호, 제3 레퍼런스 신호를 모두 수신할 수 있다. 수신 장치(580)는 제1 레퍼런스 신호를 이용해 전송 장치(500)로부터 수신 장치(580)까지의 제1 채널을 추정하고, 제2 레퍼런스 신호를 이용해 다른 전송 장치(591, 593)들로부터 수신 장치(580)까지의 제2 채널을 추정할 수 있다.

[0114]

수신 장치(580)는 추정된 채널의 상태에 기초하여 각 채널의 크기를 생성할 수 있다. 수신 장치(580)는 각 채널의 크기에 기초하여 전송 장치(500)로 피드백할 채널을 선택할 수 있다. 일측에 따르면, 수신 장치(580)는 자신과 페어링된 전송 장치(500)와 관련된 제1 채널의 크기 보다 더 큰 채널에 대한 정보만을 피드백할 수 있다. 또한, 구체적인 채널의 크기가 아니라, 제1 채널의 크기 보다 더 큰지, 작은지에 대한 정보만을 피드백할 수 있다.

[0115]

만약 다른 전송 장치(591)로부터 수신 장치(580)까지의 채널의 크기가 제1 채널 채널의 크기 보다 더 크고, 다른 전송 장치(593)로부터 수신 장치(580)까지의 채널의 크기가 제1 채널의 크기 보다 더 작다면, 수신 장치(580)는 다른 전송 장치(591)로부터 수신 장치(580)까지의 채널인 제3 채널과 관련하여 다른 전송 장치(591)의 식별자를 전송 장치(500)로 전송할 수 있다.

[0116]

수신부(520)는 수신 장치(580)로부터 다른 전송 장치(591)의 식별자를 수신할 수 있다.

[0117]

입력 데이터 구성부(530)는 수신한 식별자에 기반하여 인공 신경망의 입력 데이터를 구성한다. 일측에 따르면, 입력 데이터 구성부(530)는 식별자가 수신되지 않은 전송 장치(592)와 관련된 채널의 크기는 '0'으로 설정하고, 식별자가 수신된 전송 장치(591)와 관련된 채널의 크기는 '1'로 설정하여 입력 데이터를 구성할 수 있다.

[0118]

스케줄링부(540)는 입력 데이터를 인공 신경망에 입력하여 다음 시간 구간 동안에 수신 장치(580)로 데이터를 전송할지 여부를 결정한다. 일측에 따르면, 스케줄링부(540)는 제1 레이어(541), 제2 레이어(542) 및 제3 레이어(543)로 구성될 수 있다.

[0119]

제1 레이어(541)는 입력 데이터를 입력 받고, 출력값을 출력한다. 제2 레이어(542)는 제1 레이어(541)의 출력값을 입력 받아 스칼라(scalar)인 제1 출력값을 출력한다. 제1 레이어(541)와 제2 레이어(542)는 제1 스트림부(545)를 구성한다.

[0120]

제3 레이어(543)는 제1 레이어의 출력값을 입력 받아 어레이인 제2 출력값을 출력한다. 제1 레이어(541)와 제3 레이어(543)는 제2 스트림부(544)를 구성한다.

[0121]

결정부(546)는 제1 출력값과 제2 출력값을 결합한 액션 밸류값에 기초하여 수신 장치로 데이터를 전송할지 여부를 결정한다. 데이터를 전송하는 것으로 결정하였다면, 다음 시간 구간 동안에 전송부(510)는 수신 장치(580)로 데이터를 전송한다.

- [0122] 데이터 전송률 산출부(550)는 수신 장치(580)로 데이터를 전송할지 여부에 따라 전송 장치(500, 591, 592)들의 데이터 전송률의 총합을 산출한다. 일측에 따르면, 전송 장치(500)는 수신 장치(580, 592, 594)들로부터 방송 정보를 수신하고, 방송 정보에 기초하여 데이터 전송률의 총합을 산출할 수 있다.
- [0123] 메모리부(560)는 인공 신경망의 입력 데이터, 다음 시간 구간 동안에 수신 장치(580)로 데이터를 전송할지 여부 및 데이터 전송률의 총합을 저장한다.
- [0124] 가중치 업데이트부(570)는 액션 벨류값이 목표값에 근접하도록 제1 레이어(541), 제2 레이어(542) 및 제3 레이어의 가중치를 업데이트할 수 있다. 일측에 따르면, 가중치 업데이트부(570)는 메모리에 저장된 값들을 임의로 선택하여 제1 레이어(541), 제2 레이어(542), 제3 레이어(543)의 가중치를 업데이트 할 수 있다. 일측에 따르면, 목표값은 데이터 전송률의 총합일 수 있다.
- [0126] 도 6은 예시적 실시예에 따른 수신 장치의 구조를 도시한 블록도이다. 예시적 실시예에 따른 수신 장치(600)는 수신부(610), 채널 상태 추정부(620), 채널 크기 산출부(630) 및 전송부(640)를 포함할 수 있다.
- [0127] 수신 장치(600)는 전송 장치(650)와 함께 D2D 페어에 포함된다. 수신 장치(600)는 전송 장치(650)로부터 데이터를 직접 수신한다.
- [0128] 수신부(610)는 전송 장치(650) 및 다른 전송 장치(661, 662)로부터 레퍼런스 신호를 각각 수신한다.
- [0129] 채널 상태 추정부(620)는 수신한 레퍼런스 신호들을 이용하여 전송 장치(650)로부터 수신 장치(600)까지의 제1 채널의 상태 및 다른 전송 장치(661, 662)로부터 수신 장치(600)까지의 제2 채널의 상태를 추정한다.
- [0130] 채널 크기 산출부(630)는 전송 장치(650)로부터 수신 장치(600)까지의 제1 채널의 크기 정보를 산출하고, 다른 전송 장치(661, 662)로부터 수신 장치(600)까지의 제2 채널들의 크기 정보를 산출한다. 일측에 따르면, 채널 크기 산출부(630)는 추정된 제1 채널의 상태에 기반하여 제1 채널의 크기 정보를 산출하고, 제2 채널들의 상태에 기반하여 제2 채널들의 크기 정보를 산출할 수 있다.
- [0131] 전송부(640)는 제2 채널들 중에서 그 크기가 제1 채널의 크기 보다 더 큰 채널들을 제3 채널로 선택하고, 제3 채널과 관련된 다른 전송 장치의 식별자를 전송 장치(650)로 전송할 수 있다.
- [0132] 전송 장치(650)로 전송된 식별자는 전송 장치(650)에서 구동되는 인공 신경망에 입력되어 다음 시간 구간 동안에 전송 장치로부터 데이터를 수신할지 여부가 결정될 수 있다.
- [0133] 일측에 따르면, 전송 장치(650)에서 구동되는 인공 신경망은 전송 장치(650) 및 다른 전송 장치(661, 662)들의 데이터 전송률의 총합이 최대가 되도록 전송 장치(650)가 데이터를 전송할지 여부를 결정할 수 있다.
- [0135] 도 7은 예시적 실시예에 따른 전송 장치의 동작 방법을 도시한 순서도이다.
- [0136] 전송 장치는 수신 장치와 페어링되어 D2D 페어에 포함된다. 전송 장치는 페어링된 수신 장치로 데이터를 전송한다.
- [0137] 단계(710)에서, 전송 장치는 수신 장치로 제1 레퍼런스 신호를 전송한다. 전송 장치의 주변에 위치한 다른 전송 장치들도 다른 전송 장치와 페어링된 다른 수신 장치로 제2 레퍼런스 신호 및 제3 레퍼런스 신호를 전송할 수 있다.
- [0138] 수신 장치는 전송 장치로부터의 제1 레퍼런스 신호와 다른 전송 장치들로부터의 제2 레퍼런스 신호, 제3 레퍼런스 신호를 모두 수신할 수 있다. 수신 장치는 제1 레퍼런스 신호를 이용해 전송 장치로부터 수신 장치까지의 제1 채널을 추정하고, 제2 레퍼런스 신호를 이용해 다른 전송 장치들로부터 수신 장치까지의 제2 채널을 추정할 수 있다.
- [0139] 수신 장치는 자신과 페어링된 전송 장치와 관련된 제1 채널의 크기 보다 더 큰 채널에 대한 정보만을 피드백할 수 있다. 또한, 구체적인 채널의 크기가 아니라, 제1 채널의 크기 보다 더 큰지, 작은지에 대한 정보만을 피드백할 수 있다.
- [0140] 만약 다른 전송 장치로부터 수신 장치까지의 채널의 크기가 제1 채널 채널의 크기 보다 더 크고, 다른 전송 장치로부터 수신 장치까지의 채널의 크기가 제1 채널의 크기 보다 더 작다면, 수신 장치는 다른 전송 장치로부터 수신 장치까지의 채널인 제3 채널과 관련하여 다른 전송 장치의 식별자를 전송 장치로 전송할 수 있다.
- [0141] 단계(720)에서, 전송 장치는 수신 장치로부터 다른 전송 장치의 식별자를 수신할 수 있다.

- [0142] 단계(730)에서, 전송 장치는 수신한 식별자에 기반하여 인공 신경망의 입력 데이터를 구성한다. 일측에 따르면, 전송 장치는 식별자가 수신되지 않은 다른 전송 장치와 관련된 채널의 크기는 '0'으로 설정하고, 식별자가 수신된 다른 전송 장치와 관련된 채널의 크기는 '1'로 설정하여 입력 데이터를 구성할 수 있다.
- [0144] 단계(740)에서, 전송 장치는 입력 데이터를 인공 신경망에 입력하여 다음 시간 구간 동안에 수신 장치로 데이터를 전송할지 여부를 결정한다. 일측에 따르면, 전송 장치는 제1 레이어, 제2 레이어 및 제3 레이어로 구성될 수 있다.
- [0145] 제1 레이어는 입력 데이터를 입력 받고, 출력값을 출력한다. 제2 레이어는 제1 레이어의 출력값을 입력 받아 스칼라(scalar)인 제1 출력값을 출력한다. 제1 레이어와 제2 레이어는 제1 스트림을 구성한다.
- [0146] 제3 레이어는 제1 레이어의 출력값을 입력 받아 어레이인 제2 출력값을 출력한다. 제1 레이어와 제3 레이어는 제2 스트림을 구성한다.
- [0147] 전송 장치는 제1 출력값과 제2 출력값을 결합한 액션 밸류값에 기초하여 수신 장치로 데이터를 전송할지 여부를 결정한다. 데이터를 전송하는 것으로 결정하였다면, 다음 시간 구간 동안에 전송 장치는 수신 장치로 데이터를 전송한다.
- [0148] 단계(750)에서, 전송 장치는 수신 장치로 데이터를 전송할지 여부에 따라 D2D 통신 시스템에 포함된 모든 전송 장치들의 데이터 전송률의 총합을 산출한다. 일측에 따르면, 전송 장치는 D2D 통신 시스템에 포함된 모든 수신 장치들로부터 방송 정보를 수신하고, 방송 정보에 기초하여 데이터 전송률의 총합을 산출할 수 있다.
- [0149] 단계(760)에서, 전송 장치는 인공 신경망의 입력 데이터, 다음 시간 구간 동안에 수신 장치로 데이터를 전송할지 여부 및 데이터 전송률의 총합을 저장한다.
- [0150] 단계(770)에서, 전송 장치는 액션 밸류값이 목표값에 근접하도록 제1 레이어, 제2 레이어 및 제3 레이어의 가중치를 업데이트할 수 있다. 일측에 따르면, 전송 장치는 메모리에 저장된 값들을 임의로 선택하여 제1 레이어, 제2 레이어, 제3 레이어의 가중치를 업데이트 할 수 있다. 일측에 따르면, 목표값은 데이터 전송률의 총합일 수 있다.
- [0152] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.
- [0153]
- [0154] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.
- [0155] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

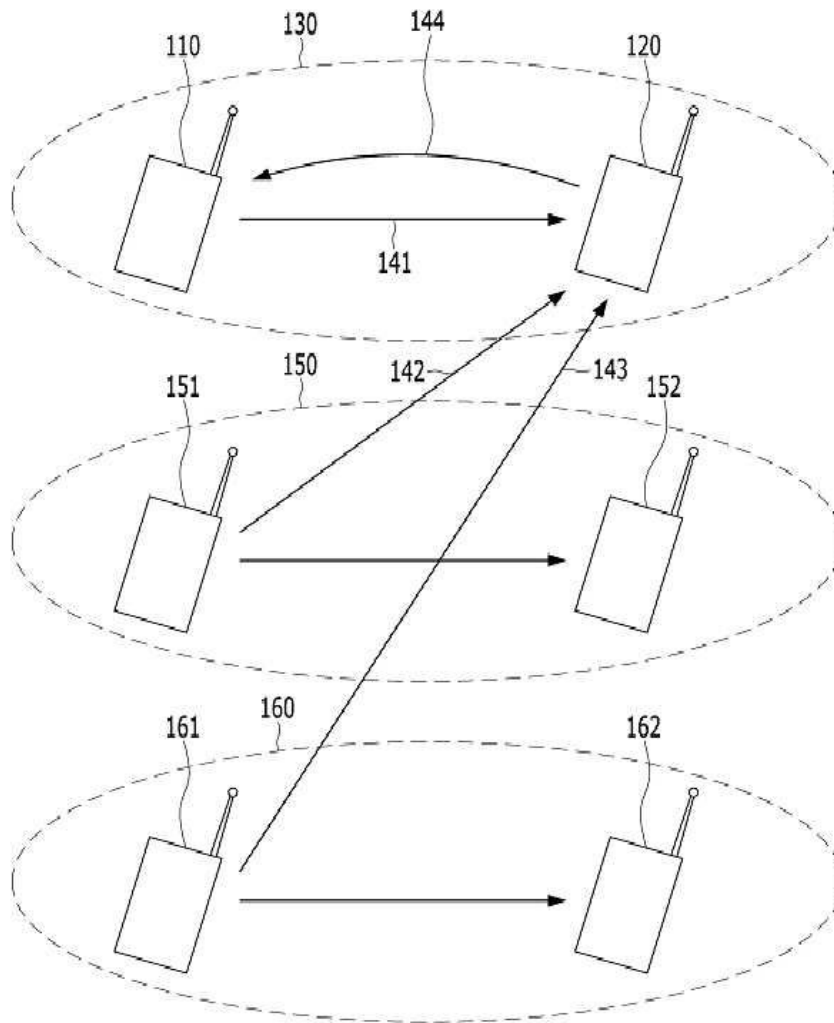
부호의 설명

- [0156] 110, 151, 161: 전송 장치
120, 152, 162: 수신 장치

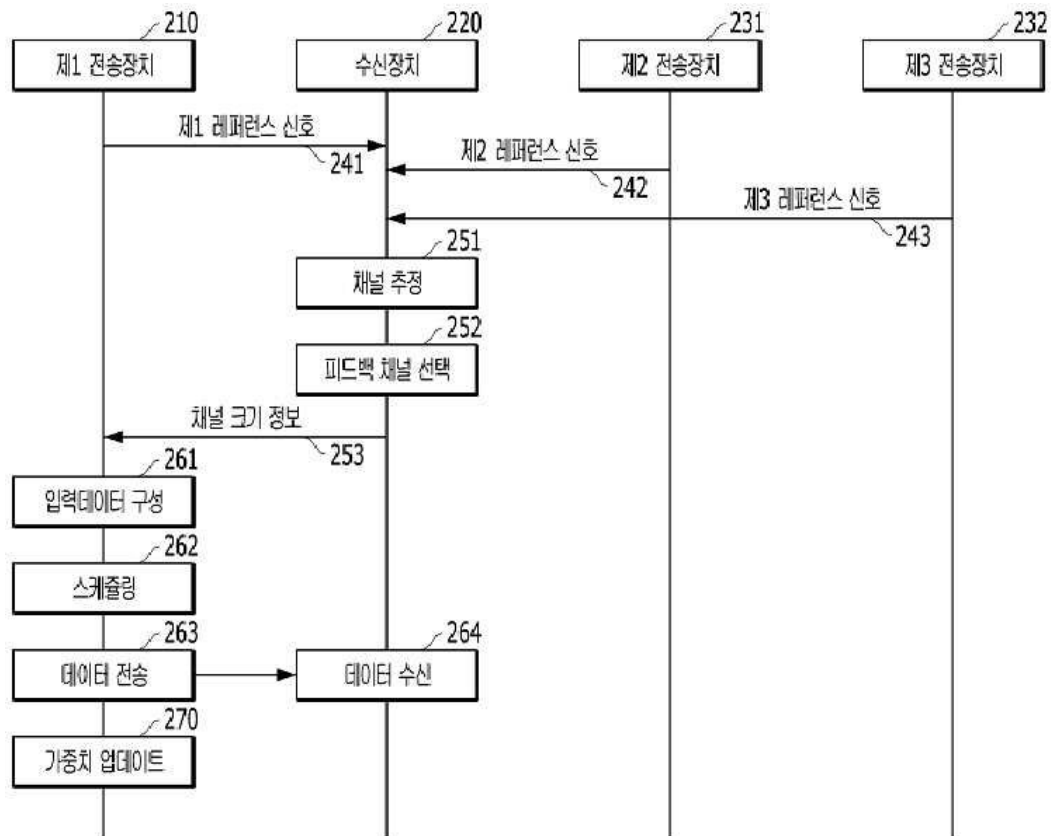
130, 150, 160: D2D 페어

도면

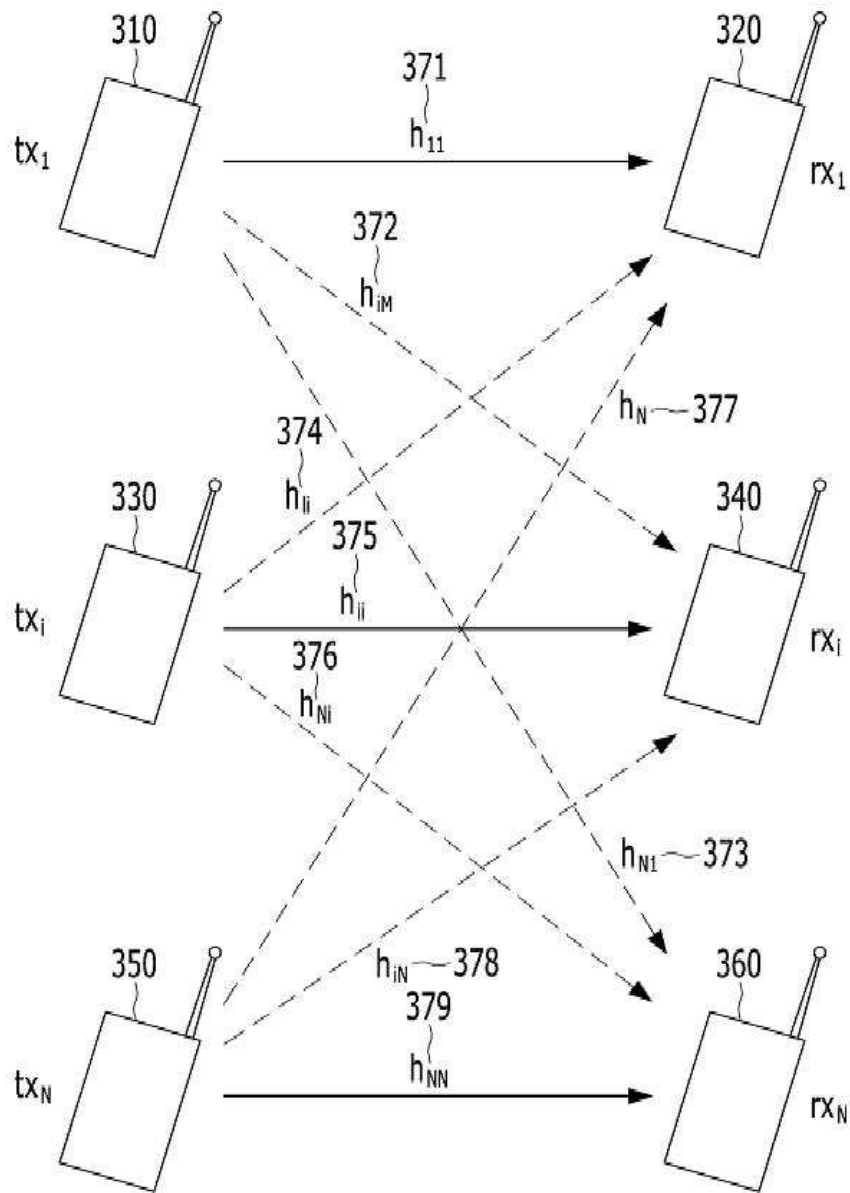
도면1



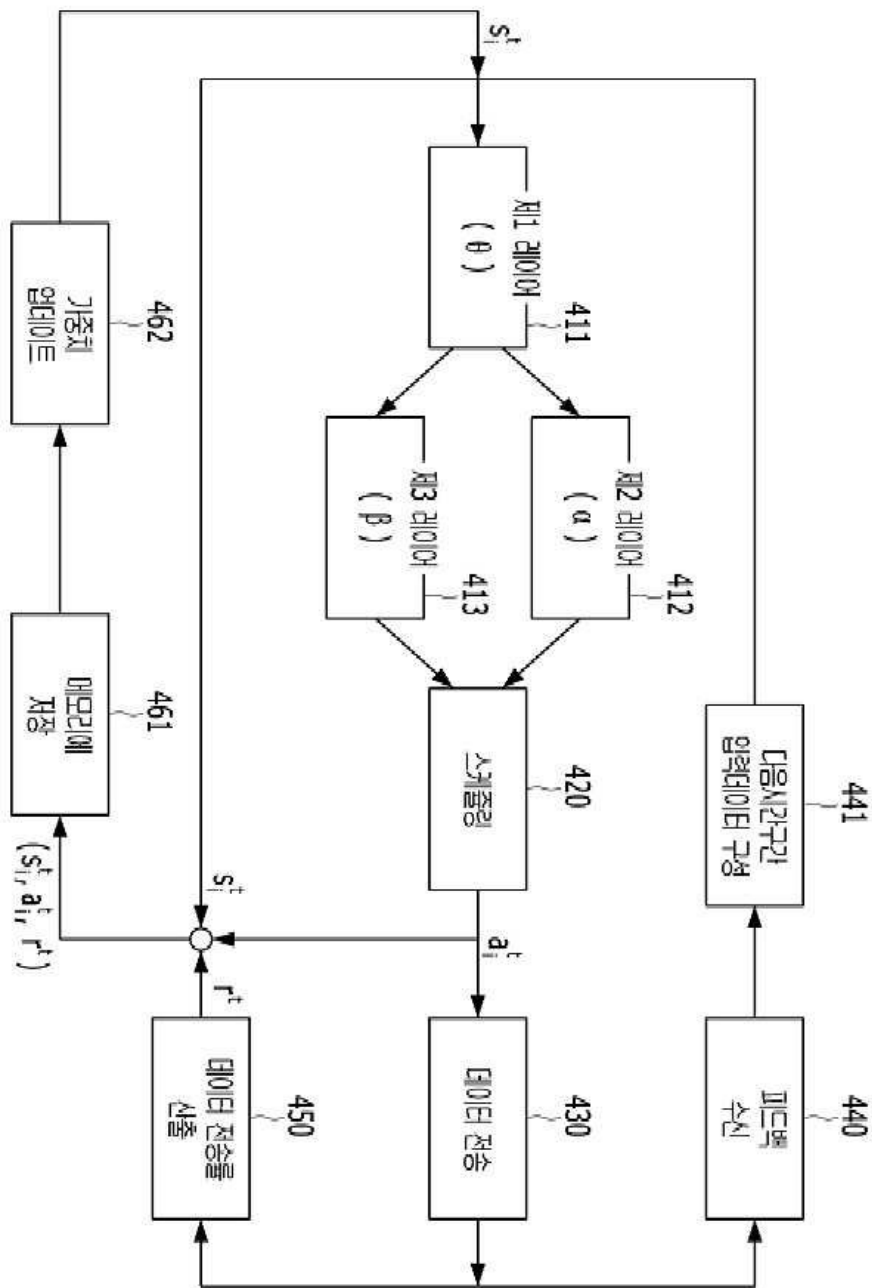
도면2



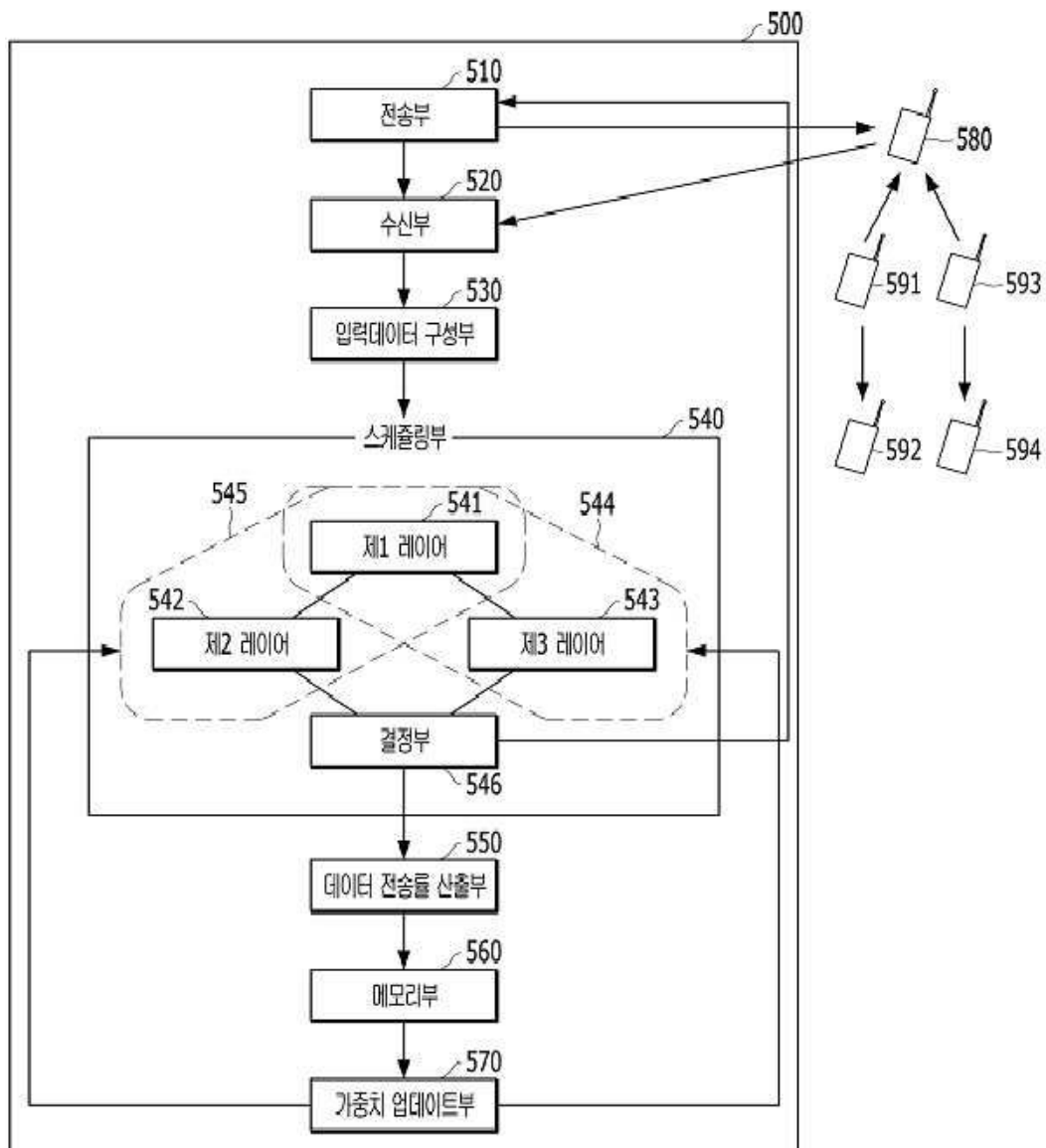
도면3



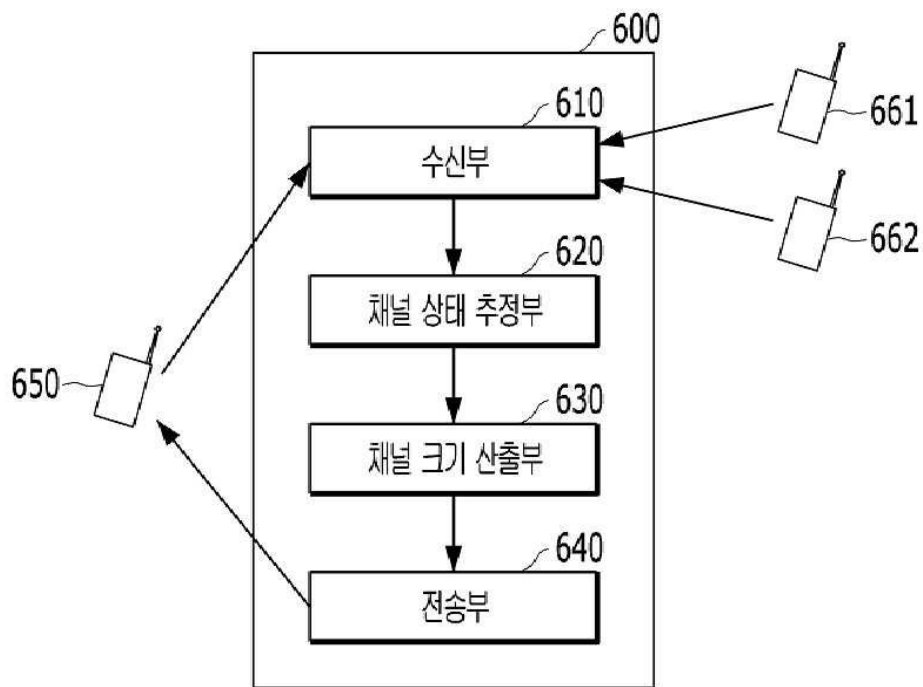
도면4



도면5



도면6



도면7

