



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년02월23일
(11) 등록번호 10-2640437
(24) 등록일자 2024년02월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04W 16/22 (2009.01) H04B 7/06 (2017.01)
H04W 16/28 (2009.01) H04W 64/00 (2023.01)
H04W 88/08 (2009.01)

(52) CPC특허분류

H04W 16/22 (2013.01)
H04B 7/0617 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2022-0105616

(22) 출원일자 2022년08월23일

심사청구일자 2022년08월23일

(56) 선행기술조사문헌

JP2021158397 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

한국기술교육대학교 산학협력단

충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1600 (한국기술교육대학교내)

(72) 발명자

김원태

충청남도 천안시 서북구 공원로 176, 시티프라йд움3차 306동 3102호

김한진

충청북도 청주시 청원구 오창읍 오창공원로 96, 103동 3504호

권준형

충청남도 보령시 명천로 106, 107동 603호

(74) 대리인

정승교

전체 청구항 수 : 총 9 항

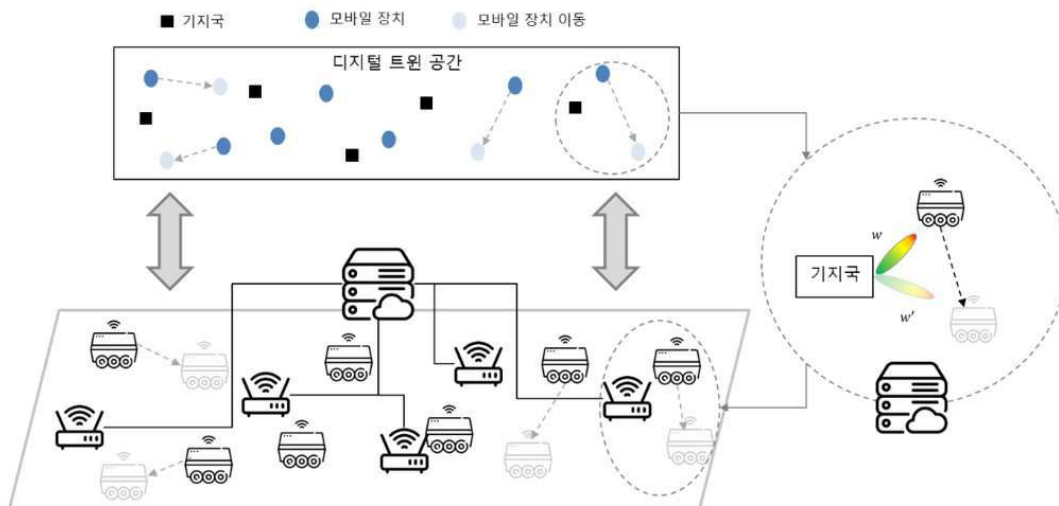
심사관 : 이종익

(54) 발명의 명칭 디지털 트윈 기반 빔포밍 방법 및 장치

(57) 요약

디지털 트윈 기반 빔포밍 방법이 개시된다. 일 실시예에 따른 복수의 기지국들과 복수의 모바일 장치들에 대한 가상 공간으로 구축된 디지털 트윈을 운영하는 서버의 동작 방법은 디지털 트윈 기반 빔포밍 관리 서비스를 호출하는 단계, 복수의 모바일 장치들 중 대상 모바일 장치와 대상 모바일 장치에 대응하는 대상 기지국에 대한 위치 정보를 획득하는 단계, 위치 정보와 디지털 트윈의 공간 정보에 기초하여, 대상 기지국로부터 대상 모바일 장치로 빔을 형성할 수 있는 복수의 경로들을 탐색하는 단계, 복수의 경로들에 대하여 제1 통신 성능 시뮬레이션을 수행하는 단계, 제1 통신 성능 시뮬레이션 결과에 기초하여, 최종 빔포밍 파라미터를 결정하는 단계 및 최종 빔포밍 파라미터를 포함하는 빔포밍 정보를 대상 기지국으로 전달하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H04W 16/28 (2013.01)

H04W 64/003 (2013.01)

H04W 88/08 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020220071881 A

KR1020050052593 A

KR1020150086647 A

JP2019097001 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711160574

과제번호 2022-0-00866-001

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원

연구사업명 스마트제조혁신기술개발

연구과제명 대규모 확장성 및 고신뢰 분산 시뮬레이션을 지원하는 제조 디지털 트윈 프레임워크
기술 개발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 한국전자통신연구원

연구기간 2022.04.01 ~ 2022.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

복수의 기지국들과 복수의 모바일 장치들에 대한 가상 공간으로 구축된 디지털 트윈을 운용하는 서버의 동작 방법에 있어서,

디지털 트윈 기반 빔포밍 관리 서비스를 호출하는 단계;

상기 복수의 모바일 장치들 중 대상 모바일 장치와 상기 대상 모바일 장치에 대응하는 대상 기지국에 대한 위치 정보를 획득하는 단계;

상기 위치 정보와 상기 디지털 트윈의 공간 정보에 기초하여, 상기 대상 기지국로부터 상기 대상 모바일 장치로 빔을 형성할 수 있는 복수의 경로들을 탐색하는 단계;

상기 복수의 경로들에 대하여 제1 통신 성능 시뮬레이션을 수행하는 단계;

상기 제1 통신 성능 시뮬레이션 결과에 기초하여, 최종 빔포밍 파라미터를 결정하는 단계; 및

상기 최종 빔포밍 파라미터를 포함하는 빔포밍 정보를 상기 대상 기지국으로 전달하는 단계를 포함하고,

상기 서버는 서비스 모듈 및 디지털 트윈 모듈을 포함하여 구성되고,

상기 서비스 모듈은 모바일 장치의 통신 성능이 저하되지 않도록 이동 경로에 따른 빔포밍 파라미터를 계산하는 상기 디지털 트윈 기반 빔포밍 관리 서비스 및 모바일 장치의 위치와 속도 등을 모니터링하여 모바일 장치의 디지털 트윈의 이동 경로를 제어하는 모빌리티 관리 서비스를 포함하고,

상기 디지털 트윈 모듈은 상기 대상 모바일 장치의 디지털 트윈과, 상기 대상 모바일 장치와 통신하는 기지국의 디지털 트윈으로부터 정보를 수집하는 서버의 동작 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 최종 빔포밍 파라미터를 결정하는 단계는

상기 제1 통신 성능 시뮬레이션 결과에 기초하여, 상기 복수의 경로들 중 최적의 경로를 결정하는 단계; 및

상기 최적의 경로로 상기 빔을 형성하기 위한 최종 빔포밍 파라미터를 계산하는 단계

를 포함하는, 서버의 동작 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 최종 빔포밍 파라미터를 결정하는 단계는

상기 제1 통신 성능 시뮬레이션 결과에 기초하여 빔 송출 각도를 결정하는 단계; 및

상기 빔 송출 각도로 상기 빔을 형성하기 위한 안테나 어레이의 각 엘리먼트 별 지연 시간 및 위상을 계산하는 단계

를 포함하는, 서버의 동작 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
 상기 대상 모바일 장치의 이동 경로를 예측하는 단계;
 상기 예측된 이동 경로에 대하여 제2 통신 성능 시뮬레이션을 수행하는 단계; 및
 상기 제2 통신 성능 시뮬레이션 결과에 기초하여, 상기 대상 모바일 장치의 통신 성능 저하를 감지하는 단계를 더 포함하는, 서버의 동작 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,
 상기 디지털 트윈 기반 빔포밍 관리 서비스를 호출하는 단계는
 상기 제2 통신 성능 시뮬레이션 결과에 기초하여 감지된 상기 통신 성능 저하에 반응하여, 상기 디지털 트윈 기반 빔포밍 관리 서비스를 호출하는 단계를 포함하는 서버의 동작 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,
 상기 디지털 트윈 기반 빔포밍 관리 서비스를 호출하는 단계는
 상기 대상 기지국으로부터 수신한 통신 성능 저하 정보에 반응하여, 상기 디지털 트윈 기반 빔포밍 관리 서비스를 호출하는 단계를 포함하는 서버의 동작 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,
 상기 빔포밍 정보는
 상기 최종 빔포밍 파라미터에 대응하는 송출 시간에 대한 정보를 더 포함하는, 서버의 동작 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,
 상기 대상 기지국은 빔 트레이닝을 수행하지 않고, 상기 서버로부터 수신한 상기 빔포밍 정보에 기초하여 안테나 어레이를 제어하는 단계를 포함하는, 서버의 동작 방법.

청구항 9

하드웨어와 결합되어 제1항 내지 제8항 중 어느 하나의 항의 방법을 실행시키기 위하여 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 아래 실시예들은 대규모 모바일 시스템을 위한 디지털 트윈 기반 빔포밍 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 빔포밍 기술은 레이더와 음파 탐지, 의료 이미지 등 국방 및 민수 분야에서 널리 쓰이는 기술이다. 특히 이동 통신 분야에서는 LTE 표준 규격에서 빔포밍 기술이 도입된 이후 현재 5세대(5G) 이동통신 시스템에서는 대규모(massive) 다중 입출력(MIMO: multiple-input multiple-output) 안테나 기반의 고용량 데이터 처리 및 초고주파(millimeter-wave) 대역 통신의 빔포밍 이득을 실현하기 위한 주요 기술이 되었다.

[0004] 이동 통신 시스템에서 빔포밍 기술의 사용 목적은 통신 도달거리 내에 균일하게 신호를 형성하지 않고, 특정 지역에 신호를 집중하기 위해 사용한다. 즉, 특정 사용자에게 높은 전송 용량을 제공하는데 활용될 수 있으며, 공간 빔포밍을 통해 동일한 무선 자원을 사용하는 다수의 사용자를 구분할 수 있는 주파수 효율을 높이는 기술로도 활용된다.

[0005] 위에서 설명한 배경기술은 발명자가 본원의 개시 내용을 도출하는 과정에서 보유하거나 습득한 것으로서, 반드시 본 출원 전에 일반 공중에 공개된 공지기술이라고 할 수는 없다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

[0007] 일 실시예에 따른 복수의 기지국들과 복수의 모바일 장치들에 대한 가상 공간으로 구축된 디지털 트윈을 운용하는 서버의 동작 방법은 디지털 트윈 기반 빔포밍 관리 서비스를 호출하는 단계; 상기 복수의 모바일 장치들 중 대상 모바일 장치와 상기 대상 모바일 장치에 대응하는 대상 기지국에 대한 위치 정보를 획득하는 단계; 상기 위치 정보와 상기 디지털 트윈의 공간 정보에 기초하여, 상기 대상 기지국로부터 상기 대상 모바일 장치로 빔을 형성할 수 있는 복수의 경로들을 탐색하는 단계; 상기 복수의 경로들에 대하여 제1 통신 성능 시뮬레이션을 수행하는 단계; 상기 제1 통신 성능 시뮬레이션 결과에 기초하여, 최종 빔포밍 파라미터를 결정하는 단계; 및 상기 최종 빔포밍 파라미터를 포함하는 빔포밍 정보를 상기 대상 기지국으로 전달하는 단계를 포함한다.

[0008] 상기 최종 빔포밍 파라미터를 결정하는 단계는 상기 제1 통신 성능 시뮬레이션 결과에 기초하여, 상기 복수의 경로들 중 최적의 경로를 결정하는 단계; 및 상기 최적의 경로로 상기 빔을 형성하기 위한 최종 빔포밍 파라미터를 계산하는 단계를 포함할 수 있다.

[0009] 상기 최종 빔포밍 파라미터를 결정하는 단계는 상기 제1 통신 성능 시뮬레이션 결과에 기초하여 빔 송출 각도를 결정하는 단계; 및 상기 빔 송출 각도로 상기 빔을 형성하기 위한 안테나 어레이의 각 엘리먼트 별 지연 시간 및 위상을 계산하는 단계를 포함할 수 있다.

[0010] 일 실시예에 따른 서버의 동작 방법은 상기 대상 모바일 장치의 이동 경로를 예측하는 단계; 상기 예측된 이동 경로에 대하여 제2 통신 성능 시뮬레이션을 수행하는 단계; 및 상기 제2 통신 성능 시뮬레이션 결과에 기초하여, 상기 대상 모바일 장치의 통신 성능 저하를 감지하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0011] 상기 디지털 트윈 기반 빔포밍 관리 서비스를 호출하는 단계는 상기 제2 통신 성능 시뮬레이션 결과에 기초하여 감지된 상기 통신 성능 저하에 반응하여, 상기 디지털 트윈 기반 빔포밍 관리 서비스를 호출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0012] 상기 디지털 트윈 기반 빔포밍 관리 서비스를 호출하는 단계는 상기 대상 기지국으로부터 수신한 통신 성능 저하 정보에 반응하여, 상기 디지털 트윈 기반 빔포밍 관리 서비스를 호출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0013] 상기 빔포밍 정보는 상기 최종 빔포밍 파라미터에 대응하는 송출 시간에 대한 정보를 더 포함할 수 있다.

[0014] 상기 대상 기지국은 빔 트레이닝을 수행하지 않고, 상기 서버로부터 수신한 상기 빔포밍 정보에 기초하여 안테

나 어레이를 제어하는 단계를 포함할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0016] 도 1a는 빔포밍 기술을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 1b는 적응형 빔포밍을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 2는 일 실시예에 따른 디지털 트윈 기반 빔포밍 시스템을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 3은 일 실시예에 따른 디지털 트윈 기반 빔포밍 시스템을 구성하는 하드웨어 장치 구성도를 도시한 도면이다.
- 도 4는 일 실시예에 따른 디지털 트윈을 운용하는 서버(310)의 블록도이다.
- 도 5는 일 실시예에 따른 서버의 동작 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- 도 6은 일 실시예에 따른 디지털 트윈 기반 트레이닝의 개념도를 도시한 도면이다.
- 도 7은 일 실시예에 따른 패킷 흐름도를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 본 명세서에서 개시되어 있는 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 기술적 개념에 따른 실시예들을 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로서, 실제로 구현된 형태는 다양한 다른 모습을 가질 수 있으며 본 명세서에 설명된 실시예로만 한정되지 않는다.
- [0018] 제1 또는 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 이런 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 이해되어야 한다. 예를 들어 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소는 제1 구성요소로도 명명될 수 있다.
- [0019] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성요소들 간의 관계를 설명하는 표현들, 예를 들어 "~간의"와 "바로~간의" 또는 "~에 이웃하는"과 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.
- [0020] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 실시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0021] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0022] 실시예들은 퍼스널 컴퓨터, 랩톱 컴퓨터, 태블릿 컴퓨터, 스마트 폰, 텔레비전, 스마트 가전 기기, 지능형 자동차, 키오스크, 웨어러블 장치 등 다양한 형태의 제품으로 구현될 수 있다. 이하, 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- [0024] 도 1a는 빔포밍 기술을 설명하기 위한 도면이다.
- [0025] 빔포밍은 무선 및 이동 통신에서 무선 통신 품질을 향상하는 기술이다. 빔포밍은 다수의 안테나 엘리먼트로 구성된 안테나 어레이 장치를 사용해 구현될 수 있다. 송출 신호의 송출 지연 시간과 신호의 위상을 세밀하게 제어함으로써, 특정 방향에서는 신호의 증폭을, 다른 방향에서는 신호의 감쇠를 일으킬 수 있다. 빔포밍을 사용하면 특정 방향에서는 신호가 집중되어 통신 범위와 신호 세기가 향상되면서 다른 방향에서는 감소시킴으로써 다른 네트워크에 미치는 간섭을 억제하는 효과가 있다. 빔포밍을 사용하면 수신 신호의 품질을 개선할 수 있고

주파수 자원의 공간 효율성을 향상시킨다.

- [0026] 도 1a를 참조하면, 메인 로브에서는 신호가 증폭되어 높은 품질로 통신이 가능하며, 사이드로브에서는 신호 세기가 약해 다른 모바일 장치에 미치는 영향이 작아지는 효과가 있다. 여러 모바일 장치가 공존하는 대규모 모바일 시스템에서는 빔포밍을 적용해 모바일 장치에서 상호 간섭을 억제하고 통신 성능을 개선할 수 있다. 5G, 4G, Wi-Fi 등 주요 이동 및 무선 통신 기술은 많은 모바일 사용자에게 대한 통신 서비스를 제공하기 위해 빔포밍을 사용할 수 있다.
- [0027] 빔포밍은 메인 로브의 형성 방향에 대한 수정 여부에 따라 전통적(conventional) 빔포밍과 적응형(adaptive) 빔포밍으로 나눌 수 있다. 전통적 빔포밍은 일정한 방향으로 신호를 집속하여 구현이 간단하며, 다수의 수신자가 일정한 위치에 오래 머무는 경우에 효율적일 수 있다. 최근 로봇공학의 발전과 드론의 사용 등으로 과거에 비해 이동성을 갖는 모바일 장치가 늘어나면서, 모바일 장치의 이동에 따라 빔 형성 방향을 수정하지 않으면 통신 품질을 유지하기 어려워졌다.
- [0028] 적응형 빔포밍은 수신자의 물리적인 이동 등 채널 상태의 변화와 통신 품질 저하가 감지되면, 변화된 채널 환경에 적응하고 통신 품질을 개선하기 위해 적합한 빔 송출 방향을 탐색할 수 있다.
- [0029] 도 1b는 적응형 빔포밍을 설명하기 위한 도면이다.
- [0030] 도 1b를 참조하면, 모바일 장치가 이동하기 전에는 기지국에서 형성한 메인 로브에 위치할 수 있다. 모바일 장치의 물리적인 위치가 변해 메인 로브의 범위에서 벗어나게 되면, 기지국과 모바일 장치는 통신 품질의 저하를 감지할 수 있다. 통신 신호가 저하된 것을 감지하면 기지국과 모바일 장치는 새로운 무선 채널 상태에 적응해 새로운 위치와 무선 채널 상태에 맞게 빔을 수정할 수 있다. 새로운 빔의 메인 로브는 모바일 장치의 위치에 형성되며, 기지국과 모바일 장치는 좋은 통신 품질을 유지하게 될 수 있다.
- [0031] 기지국과 모바일 장치는 무선 채널 상태 변동에 대응하기 위해 현재의 채널 상태 정보를 수집하는 채널 사운딩을 수행할 수 있다. 기지국과 모바일 장치는 데이터 페이로드가 없는 패킷인 NDP(Null data packet)를 주고받을 수 있다. NDP에 대한 무선 채널 응답을 분석하여 채널 상태 정보를 추정하며, 추정된 채널 상태 정보를 기반으로 새로운 빔을 형성할 수 있다. 패킷 교환을 통한 채널 상태 정보 수집과 추정을 위한 일련의 과정을 빔 트레이닝이라 지칭할 수 있다.
- [0032] 모바일 장치가 물리적으로 이동하면서 기지국과 모바일 장치 사이의 신호 전파 경로가 장애물에 의해 차단되거나 다른 네트워크의 통신 범위에 들어가 간섭을 받을 수 있다. 모바일 채널은 네트워크를 구성하는 모바일 장치들이 물리적으로 이동하면서 일반적인 무선 채널에 비해 변동성이 크고 물리적인 장애물과 다른 신호로부터의 간섭의 영향을 많이 받을 수 있다. 모바일 채널의 큰 변동성은 빈번한 빔 트레이닝을 유발할 수 있다. 빔 트레이닝 과정에서 패킷 교환을 사용하면 NDP와 제어 메시지에 의해 채널이 점유되어 데이터 페이로드를 전송할 수 없을 수 있다. 다수의 모바일 장치가 존재하는 대규모 모바일 시스템에서는 빔 트레이닝이 빈번하게 수행되어 큰 오버헤드를 발생시킬 수 있다.
- [0033] 종래의 빔포밍 방법으로는 대규모 모바일 시스템에서 발생하는 오버헤드 문제를 해결하기 어려울 수 있다. 빔 트레이닝의 수행 빈도는 모바일 채널의 변동성에 비례하여 늘어나는데, 모바일 채널의 변동성에 영향을 미치는 요인은 모바일 장치의 물리적인 이동, 물리적인 환경과의 상호작용, 다른 네트워크와의 간섭 문제, 잡음 등 복잡적이며, 기존의 통신 시스템에서 이런 복합적 요인을 고려해 빔포밍을 수행하는 것은 불가능할 수 있다. 다수의 무인 모바일 장치나 AGV, 스마트 카트 등이 사용되는 스마트 팩토리나 자동 물류 시스템, 공공장소 등 대규모 모바일 시스템이 늘어나는 상황에서, 모바일 채널의 데이터 페이로드 전송률 개선은 중요한 과제가 될 것으로 판단된다. 대규모 모바일 시스템에서 빔포밍을 효율적으로 사용하기 위해서는 종래의 빔 트레이닝이 갖는 과도한 오버헤드 문제를 해결해야 한다.
- [0034] 아래에서 상세히 설명하겠지만, 일 실시예에 따른 디지털 트윈 기반의 빔포밍 방법은 모바일 시스템과 물리적 공간 특성을 반영한 디지털 트윈을 사용해 가상 공간에서 빔 탐색과 채널 모델링, 통신 성능 검증을 통해 최적의 빔 파라미터를 탐색하고, 실제 모바일 시스템에서 가상 공간에서 도출한 빔 파라미터를 사용해 패킷 교환을 통한 빔 트레이닝 없이 적응형 빔포밍을 실행할 수 있다.
- [0035] 일 실시예에 따른 디지털 트윈은 물리 시스템과 긴밀하게 연결되어 가상 공간에서 물리 시스템을 재현하는 가상 정보구조체일 수 있다. 가상 공간에 존재하는 디지털 트윈은 자신과 연결된 실제 세계의 물리 시스템의 특성을 모사하고 있으며 가상 공간에서 물리 시스템의 성능을 검증하는 기능을 수행할 수 있다. 또한, 디지털 트윈은 물리 시스템의 디지털 표현(representation)이기 때문에 상이한 물리 시스템 간 연동이 용이하다는 장점이

있다.

- [0036] 가상 공간에서 적절한 빔 파라미터를 탐색하기 위해서는 모바일 장치의 위치와 네트워크 구성 정보, 물리적인 장애물의 위치와 재질 정보 등 복합적인 정보가 필요하다. 과거에는 서로 다른 물리 시스템의 데이터를 수집하고 처리하는 것이 비현실적이고 소모적이었으나, 최근에는 다양한 영역에서 디지털 전환과 디지털 트윈 구축이 이루어지고 있고 이중 물리 시스템 간 연동에 대한 연구들이 진행되고 있다.
- [0038] 도 2는 일 실시예에 따른 디지털 트윈 기반 빔포밍 시스템을 설명하기 위한 도면이다.
- [0039] 일 실시예에 따른 기지국은 모바일 장치들을 연결하는 네트워크를 제공하며, 중앙의 서버와 연결되어 있다. 일 실시예에 따른 서버는 모바일 장치와 기지국과 연동된 디지털 트윈이 구축되고 실행되는 장소이며, 디지털 트윈 기반 빔포밍을 구현하는 데 필요한 서비스는 서버에서 운용될 수 있다. 일 실시예에 따른 기지국은 무선 네트워크 상태와 연결된 모바일 장치 정보 등을 서버로 전송할 수 있다. 일 실시예에 따른 기지국이 서버에 전송하는 데이터를 통해 서버에서 관리하는 기지국의 디지털 트윈은 업데이트될 수 있다.
- [0040] 일 실시예에서, 서버는 복수의 기지국이 서로 협업할 수 있도록 상기 복수의 기지국들을 제어하며, 특정 서비스를 제공하는 서버를 나타낼 수 있고, 기지국은 무선 통신 기지국으로, 액세스 포인트(Access Point, AP), 또는 중계기 등의 소형 기지국(Small Base Station, SBS)을 나타낼 수 있다.
- [0041] 일 실시예에 따른 모바일 장치는 기지국이 커버하는 영역(예컨대, 셀(cell)) 내에 적어도 하나 이상 포함되는 사용자 단말을 의미할 수 있으며, 사용자 장치(User Equipment), 통신 단말, 사용자 디바이스, 스테이션(station, STA) 또는 터미널을 나타낼 수 있다. 예컨대 모바일 장치는 특정 서비스(예를 들어, 비디오 스트리밍 서비스 등)에 해당하는 파일을 요청하는 전자 기기로서, 스마트폰(smart phone), 태블릿(tablet), 노트북, AGV, 모바일 로봇, PC 등의 전자기기를 나타낼 수 있다.
- [0042] 일 실시예에 따른 모바일 장치는 기지국을 경유하여 서버에 구축된 모바일 장치의 디지털 트윈과 연결될 수 있다. 일 실시예에 따른 서버에서는 새로운 빔 파라미터가 필요한 경우 가지고 있는 디지털 트윈을 사용해 시뮬레이션 도구 등을 활용해 새로운 빔 파라미터를 탐색하고, 최적의 빔 파라미터를 기지국에 전달할 수 있다. 일 실시예에 따른 기지국은 서버로부터 빔 파라미터를 받으면 적응형 빔포밍을 수행할 수 있다.
- [0043] 기지국과 서버를 연결하는 회선은 이더넷 등이 사용될 수 있으며, 이에 국한하지 않는다. 기지국과 모바일 장치를 연결하는 무선 네트워크는 Wi-Fi, 셀룰러 네트워크 등이 사용될 수 있으며, 이에 국한하지 않는다. 기지국은 신호 송출 장치로 안테나 어레이를 반드시 탑재해야 하며, 모바일 장치에 탑재되는 안테나는 단일 안테나와 다중 안테나 모두 적용될 수 있다.
- [0044] 일 실시예에 따른 최적 빔의 탐색과 빔의 성능을 검증하기 위한 도구는 네트워크 시뮬레이터 기능에 포함되며, 레이 트레이싱과 같은 시뮬레이션이 사용될 수 있으며, 이에 국한하지 않는다. 일 실시예에 따른 디지털 트윈을 사용해 라디오 채널 모델을 만들고 평가하는 도구로 표준 무선 채널 모델링, 레이 트레이싱 등이 사용될 수 있으며, 이에 국한하지 않는다.
- [0046] 도 3은 일 실시예에 따른 디지털 트윈 기반 빔포밍 시스템을 구성하는 하드웨어 장치 구성도를 도시한 도면이다.
- [0047] 도 2를 참조하여 설명한 내용은 도 3에 동일하게 적용될 수 있고, 중복되는 내용은 생략될 수 있다.
- [0048] 도 3을 참조하면, 일 실시예에 따른 디지털 트윈 기반 빔포밍 시스템은 서버(310), 하나 이상의 기지국(320) 및 하나 이상의 모바일 장치(330)를 주체로 포함할 수 있다.
- [0049] 일 실시예에 따른 서버(310)는 디지털 트윈을 운용하며, 시뮬레이션 등을 통해 최적의 빔 파라미터를 탐색하는 기능을 수행하는 장치일 수 있다. 일 실시예에 따른 서버(310)의 동작 방법은 아래에서 도 4 내지 도 5를 참조하여 상세히 설명한다.
- [0050] 일 실시예에 따른 기지국(320)은 송신부(321), 수신부(323) 및 빔포밍 제어기(325)를 포함할 수 있다. 그러나 도시된 구성요소 모두가 필수 구성 요소인 것은 아니다. 도시된 구성요소 보다 많은 구성요소에 의해 기지국(320)이 구현될 수도 있고, 그보다 적은 구성요소에 의해서도 기지국(320)은 구현될 수 있다.
- [0051] 일 실시예에 따른 기지국(320)은 서버(310)에서 찾아낸 최적의 빔 파라미터를 전달받아 빔포밍 제어기(325)에서 빔 파라미터에 따라 신호처리를 수행할 수 있다. 일 실시예에 따른 송신부(321)와 수신부(323)는 신호처리를 통해 최적의 방향으로 신호를 송신/수신하는 기능을 수행할 수 있다.

- [0052] 일 실시예에 따른 모바일 장치(330)는 송신부(331), 수신부(333) 및 빔포밍 제어기(335)를 포함할 수 있다. 그러나 모바일 장치(330)도 마찬가지로 도시된 구성 요소 모두가 필수 구성 요소인 것은 아니다. 도시된 구성 요소보다 많은 구성 요소에 의해 모바일 장치(330)가 구현될 수도 있고, 그보다 적은 구성 요소에 의해서도 모바일 장치(330)는 구현될 수 있다.
- [0053] 일 실시예에 따른 모바일 장치(330)는 서버(310)에서 찾아낸 최적의 빔 파라미터를 전달받아 빔포밍 제어기(335)에서 빔 파라미터에 따라 신호처리를 수행할 수 있다. 일 실시예에 따른 송신부(331)와 수신부(333)는 신호처리를 통해 최적의 방향으로 신호를 송신/수신하는 기능을 수행할 수 있다.
- [0055] 도 4는 일 실시예에 따른 디지털 트윈을 운용하는 서버(310)의 블록도이다.
- [0056] 도 4에 도시된 디지털 트윈을 운용하는 서버(310)에는 본 실시예와 관련된 구성요소들만이 도시되어 있다. 따라서, 도 4에 도시된 구성요소들 외에 다른 범용적인 구성요소들이 더 포함될 수 있음을 본 실시예와 관련된 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이해할 수 있다. 예를 들어, 일 실시예에 따른 서버(310)는 디지털 트윈 기능 모듈, 기타 서비스 모듈을 더 포함할 수 있다.
- [0057] 일 실시예에 따른 서버(310)는 서비스 모듈(410), 디지털 트윈 모듈(420) 및 인터페이스 모듈(430)을 포함할 수 있다. 일 실시예에 따른 서비스 모듈(410)은 디지털 트윈 기반 빔포밍 관리 서비스(411), 모빌리티 관리 서비스(413)를 포함할 수 있다. 일 실시예에 따른 디지털 트윈 모듈(420)은 디지털 트윈 목록(421), 디지털 트윈 인스턴스(423) 및 디지털 트윈 실행 엔진(425)을 포함할 수 있다. 일 실시예에 따른 서버(310)의 동작 방법은 아래에서 도 5를 참조하여 상세히 설명된다.
- [0059] 도 5는 일 실시예에 따른 서버의 동작 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- [0060] 설명의 편의를 위해, 단계들(510 내지 560)은 도 3 내지 도 4에 도시된 서버(310)를 사용하여 수행되는 것으로 기술된다. 그러나 이 단계들(510 내지 560)은 어떤 다른 적절한 전자 기기를 통해, 그리고 어떤 적절한 시스템 내에서도 사용될 수 있을 것이다.
- [0061] 나아가, 도 5의 동작은 도시된 순서 및 방식으로 수행될 수 있지만, 도시된 실시예의 사상 및 범위를 벗어나지 않으면서 일부 동작의 순서가 변경되거나 일부 동작이 생략될 수 있다. 도 5에 도시된 다수의 동작은 병렬로 또는 동시에 수행될 수 있다.
- [0062] 단계(510)에서, 일 실시예에 따른 서버(310)는 디지털 트윈 기반 빔포밍 관리 서비스(411)를 호출할 수 있다. 일 실시예에 따른 디지털 트윈 기반 빔포밍 관리 서비스(411)는 모바일 장치의 이동에도 통신 성능이 저하되지 않도록 이동 경로에 따른 빔포밍 파라미터를 계산하는 기능을 수행할 수 있다.
- [0063] 일 실시예에 따른 통신 성능의 저하가 감지되면 디지털 트윈 기반 빔포밍 관리 서비스(411)가 호출될 수 있다. 일 실시예에 따른 통신 성능 저하 감지는 시뮬레이션을 통해 수행되거나, 기지국으로부터 수신할 수 있다.
- [0064] 일 실시예에 따른 시뮬레이션을 통해 통신 성능 저하 감지 동작과 관련하여, 일 실시예에 따른 서버(310)는 대상 모바일 장치의 이동 경로를 예측하고, 예측된 이동 경로에 대하여 통신 성능 시뮬레이션을 수행하여 통신 성능 저하를 감지할 수 있다. 아래에서 기술된 제1 통신 성능 시뮬레이션과 구분하기 위하여, 예측된 이동 경로에 대한 통신 성능 시뮬레이션을 제2 통신 성능 시뮬레이션이라 지칭할 수 있다.
- [0065] 일 실시예에 따른 모빌리티 관리 서비스(413)는 모바일 장치의 위치와 속도 등을 모니터링하며, 모바일 장치와 모바일 장치의 디지털 트윈의 이동 경로 제어하는 역할을 수행할 수 있다. 일 실시예에 따른 모빌리티 관리 서비스(413)는 적어도 하나의 이동 경로를 예측하고, 예측된 경로에 대한 시뮬레이션 수행할 수 있다. 예를 들어, 모빌리티 관리 서비스(413)는 네비게이션을 통해 목적지 정보를 알고 있는 경우, 최적의 경로를 예측하고, 직전 구간에서의 경로에 기반하여 경로를 예측할 수 있다.
- [0066] 일 실시예에 따른 서버(310)는 디지털 트윈 목록(421)에 포함된 모바일 장치의 트윈을 활성화해 디지털 트윈 인스턴스(423)를 구축하고, 모빌리티 관리 서비스(413)에서 해당 디지털 트윈 인스턴스(423)에 이동경로 정보를 입력할 수 있다. 일 실시예에 따른 서버(310)는 디지털 트윈 실행 엔진(425)의 네트워크 시뮬레이션을 통해 이동 경로에 따른 통신 성능을 모니터링 할 수 있다.
- [0067] 단계(520)에서, 일 실시예에 따른 서버(310)는 복수의 모바일 장치들 중 대상 모바일 장치와 대상 모바일 장치에 대응하는 대상 기지국에 대한 위치 정보를 획득할 수 있다. 일 실시예에 따른 디지털 트윈 인스턴스(423)는 디지털 트윈 목록(431) 중에서 운용 중인 모바일 장치(이하, 대상 모바일 장치로 지칭할 수 있다)의 디지털 트

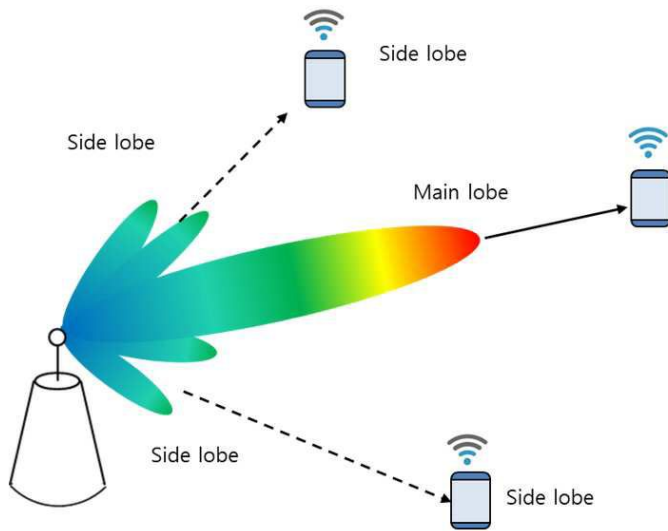
원과, 모바일 장치와 통신하는 기지국(이하, 대상 기지국으로 지칭할 수 있다)의 디지털 트윈으로부터 정보를 가져올 수 있다.

- [0068] 단계(530)에서, 일 실시예에 따른 서버(310)는 위치 정보와 디지털 트윈의 공간 정보에 기초하여, 대상 기지국로부터 대상 모바일 장치로 빔을 형성할 수 있는 복수의 경로들을 탐색할 수 있다. 일 실시예에 따른 디지털 트윈 인스턴스(433)에는 실제 기지국과 모바일 장치와 연결된 가상 자산들이 존재하며, 일 실시예에 따른 서버(310)는 가상 자산과 시뮬레이션 도구 등을 사용해 빔포밍을 수행하고 성능을 검증하며 최적의 빔 파라미터를 탐색할 수 있다.
- [0069] 단계(540)에서, 일 실시예에 따른 서버(310)는 복수의 경로들에 대하여 제1 통신 성능 시뮬레이션을 수행할 수 있고, 단계(550)에서, 일 실시예에 따른 서버(310)는 제1 통신 성능 시뮬레이션 결과에 기초하여, 최종 빔포밍 파라미터를 결정할 수 있다. 대상 기지국으로부터 대상 모바일 장치로 빔을 형성할 수 있는 복수의 경로들에 대한 통신 성능 시뮬레이션을 제1 통신 성능 시뮬레이션으로 지칭할 수 있다.
- [0070] 보다 구체적으로, 일 실시예에 따른 서버(310)는 대상 모바일 장치와 대상 기지국의 위치 정보와 통신 환경의 물리적 공간 정보를 기반으로 레이 트레이싱 기법 등을 사용해 기지국으로부터 모바일 장치로 빔을 형성할 수 있는 경로를 탐색하고, 디지털 트윈 실행 엔진(425)의 네트워크 시뮬레이션을 통해 경로 별로 통신 성능 모의 실험을 수행할 수 있다.
- [0071] 일 실시예에 따른 서버(310)는 모의 실험 결과 가장 좋은 통신 성능을 보이는 전파 경로를 선택하고, 해당 경로로 빔을 형성하기 위한 빔 파라미터를 계산할 수 있다. 일 실시예에 따른 서버(310)는 시뮬레이션을 통해 찾은 빔 송출 각도(Angle of Departure)로 빔이 형성되도록 안테나 어레이의 각 엘리먼트 별 지연 시간과 위상을 계산할 수 있다.
- [0072] 단계(560)에서, 일 실시예에 따른 서버(310)는 최종 빔포밍 파라미터를 포함하는 빔포밍 정보를 대상 기지국으로 전달할 수 있다. 일 실시예에 따른 서버(310)는 디지털 트윈을 사용해 찾아낸 최적 빔 파라미터와 송출 시간에 대한 정보를 대상 기지국에 전달할 수 있다. 일 실시예에 따른 대상 기지국은 자체적으로 빔 트레이닝을 수행하지 않고 서버(310)에서 도출한 빔 파라미터를 사용해 안테나 어레이를 제어할 수 있다.
- [0074] 도 6은 일 실시예에 따른 디지털 트윈 기반 트레이닝의 개념도를 도시한 도면이다.
- [0075] 도 2 내지 도 5를 참조하여 설명한 내용은 도 6에 동일하게 적용될 수 있고, 중복되는 내용은 생략될 수 있다.
- [0076] 도 6을 참조하면, 일 실시예에 따른 빔포밍 방법은 송신부(321)와 수신부(323) 사이의 패킷 교환과 채널 응답 행렬 분석을 통한 빔 파라미터 탐색을 사용하지 않을 수 있다. 일 실시예에 따른 서버(310)에 구축된 서비스 모듈(410)과 디지털 트윈 모듈(420)을 사용해 빔 파라미터를 탐색할 수 있다.
- [0077] 일 실시예에 따른 서버(310)는 빔 형성과 검증 과정을 거쳐 최적 빔 파라미터를 도출하고, 이를 기지국(320)에 전달할 수 있다. 일 실시예에 따른 빔포밍 방법은 무선 채널을 통한 물리적인 패킷 교환과 피드백 절차를 생략할 수 있다. 일 실시예에 따른 빔포밍 방법은 NDP와 제어 메시지 등으로 인해 채널이 점유되지 않아 데이터 페이로드를 지속해서 전송함으로써 데이터 전송률을 개선할 수 있다.
- [0078] 일 실시예에 따른 빔포밍 방법은 빔 트레이닝 과정에서의 패킷 교환을 사용하지 않아 트레이닝 오버헤드가 발생하지 않을 수 있다. 일 실시예에 따른 빔포밍 방법은 오버헤드가 적어 종래의 빔포밍 방법에 비해 데이터 전송 효율이 높을 수 있다. 대규모 모바일 시스템에서는 트레이닝 오버헤드가 문제가 될 수 있으나 일 실시예에 따른 빔포밍 방법을 사용하면 대규모 모바일 시스템에서도 오버헤드 없이 적응형 빔포밍을 수행할 수 있다. 앞으로 모바일 시스템의 규모가 더 확장되고 많은 데이터 트래픽이 발생할 것으로 예상되는 바, 일 실시예에 따른 빔포밍 방법과 같이 오버헤드 문제를 해결하고 효율적으로 데이터 통신을 수행하는 기술이 필요할 것으로 전망된다.
- [0080] 도 7은 일 실시예에 따른 패킷 흐름도를 도시한 도면이다.
- [0081] 도 2 내지 도 6을 참조하여 설명한 내용은 도 7에 동일하게 적용될 수 있고, 중복되는 내용은 생략될 수 있다.
- [0082] 도 7을 참조하면, 일 실시예에 따른 모빌리티 관리 서비스에서 디지털 트윈 인스턴스로 패킷이 전송될 수 있고, 디지털 트윈 인스턴스는 디지털 트윈 목록으로 패킷을 전송후 이에 대한 응답을 수신할 수 있다.
- [0083] 일 실시예에 따른 디지털 트윈 인스턴스는 네트워크 시뮬레이션으로 패킷을 전송후 이에 대한 응답을 수신하고, 다시 빔포밍 관리 서비스로 패킷을 전송할 수 있다.

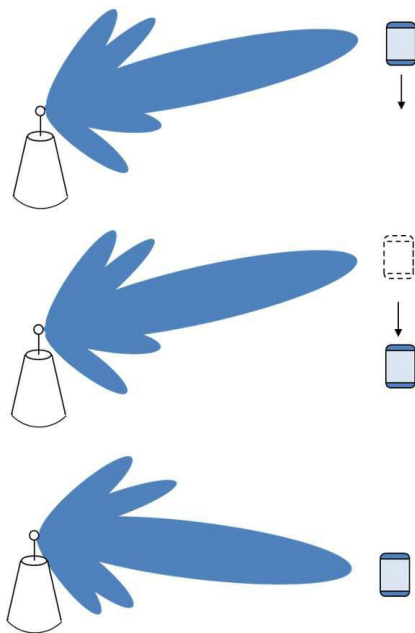
- [0084] 일 실시예에 따른 네트워크 시뮬레이션은 범포밍 관리 서비스로부터 패킷을 수신하여 디지털 트윈 목록과 네트워크 제어로 패킷을 전송할 수 있다. 일 실시예에 따른 네트워크 제어는 디지털 트윈 인스턴스와 기지국으로 패킷을 전송할 수 있다.
- [0086] 이상에서 설명된 실시예들은 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치, 방법 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 컨트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.
- [0087] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.
- [0088] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 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.
- [0089] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기를 기초로 다양한 기술적 수정 및 변형을 적용할 수 있다. 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.
- [0090] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

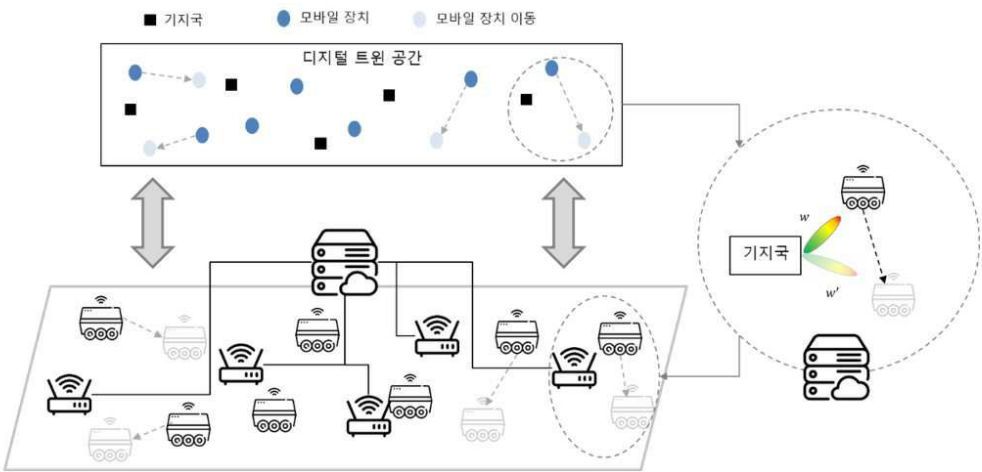
도면1a



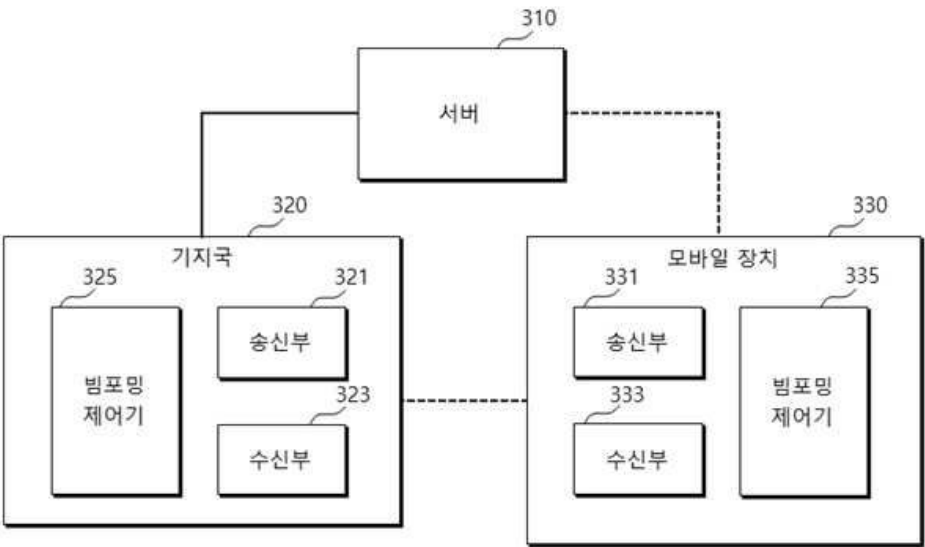
도면1b



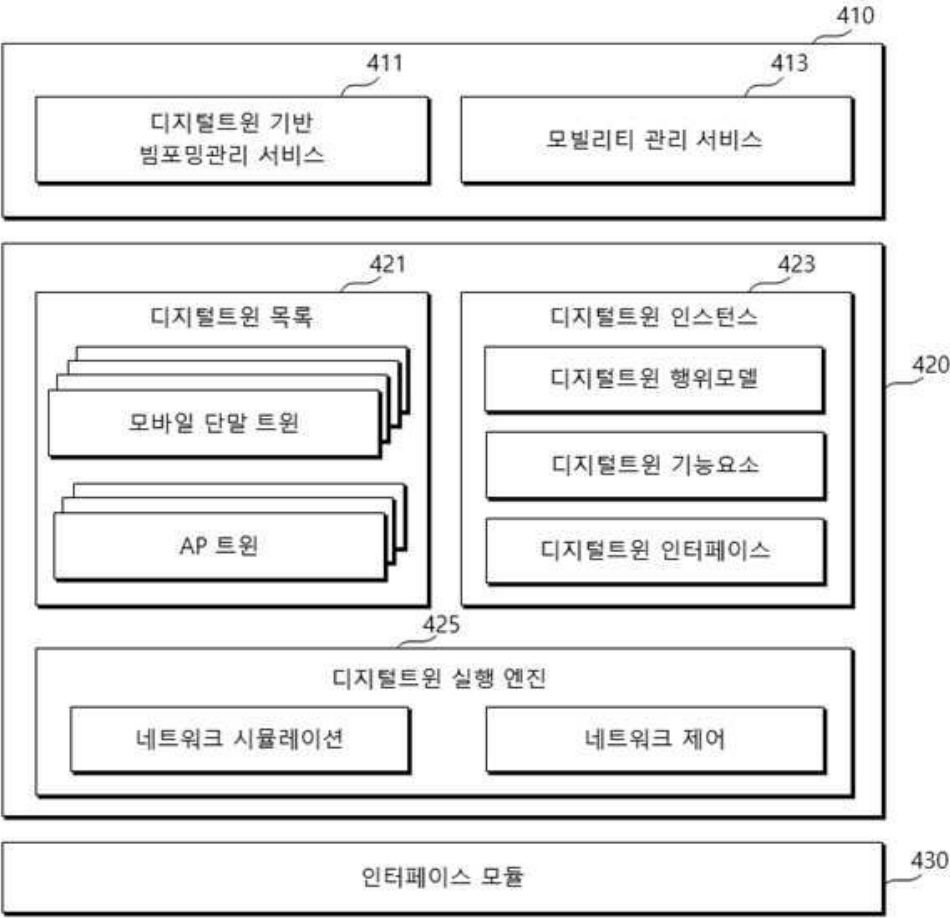
도면2



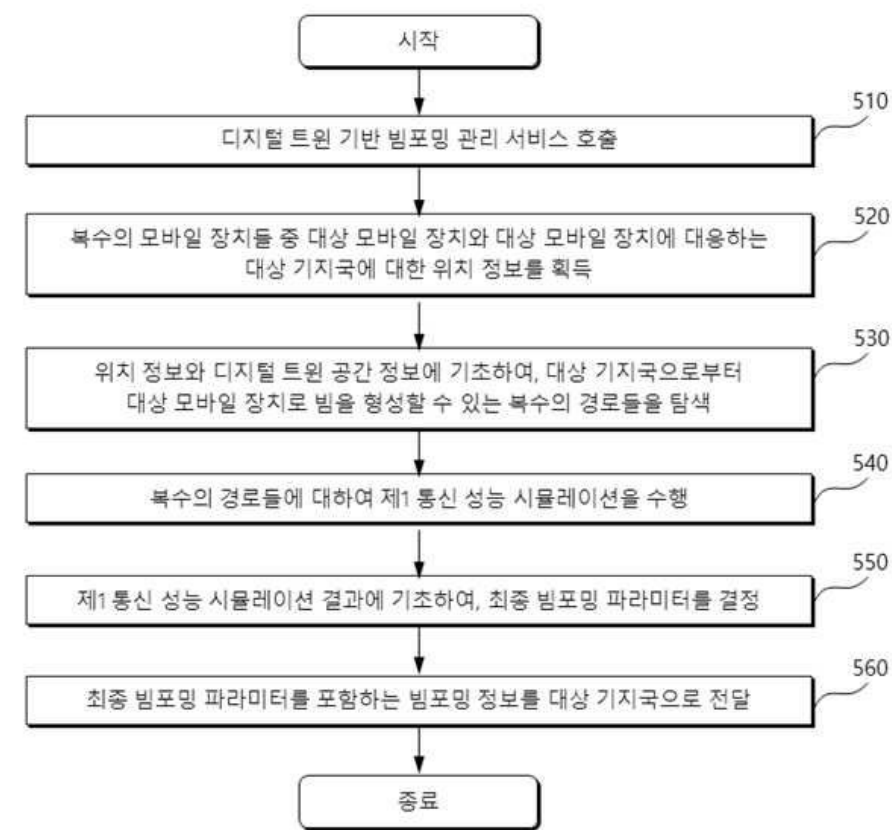
도면3



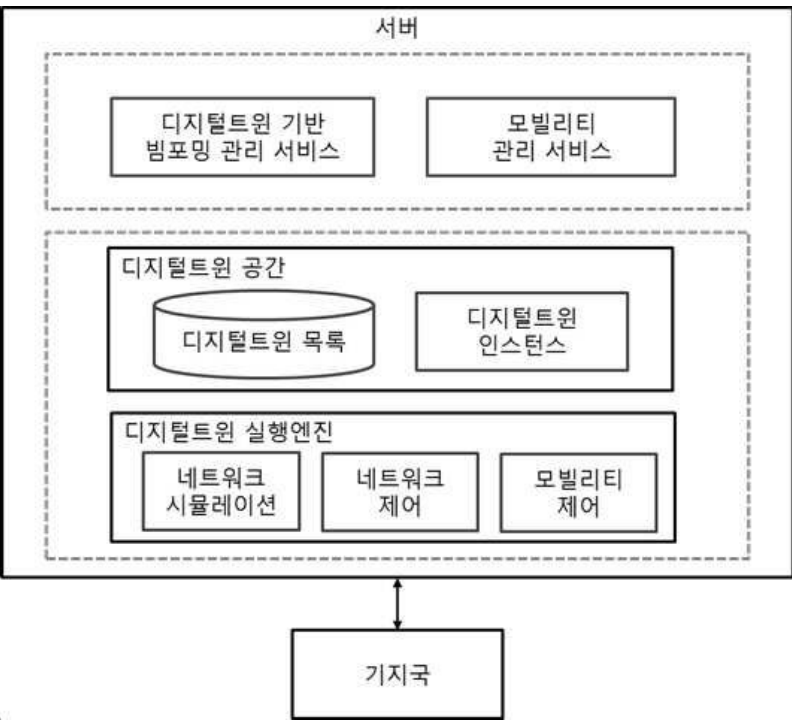
도면4



도면5



도면6



도면7

