



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0163826
(43) 공개일자 2024년11월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04W 12/60 (2021.01) G06N 20/00 (2019.01)
G16Y 30/10 (2020.01) H04L 9/40 (2022.01)
H04W 12/10 (2021.01) H04W 84/06 (2019.01)

(52) CPC특허분류

H04W 12/60 (2021.01)
G06N 20/00 (2021.08)

(21) 출원번호 10-2023-0060917

(22) 출원일자 2023년05월11일

심사청구일자 2023년05월11일

(71) 출원인

이화여자대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)

(72) 발명자

도인실

인천광역시 연수구 센트럴로 194번지 201동 1703호

허가빈

경상남도 창원시 의창구 하남천서길21번길 8-14, 1동 1107호(도계동, 강남훼미리아파트)

(74) 대리인

김연권

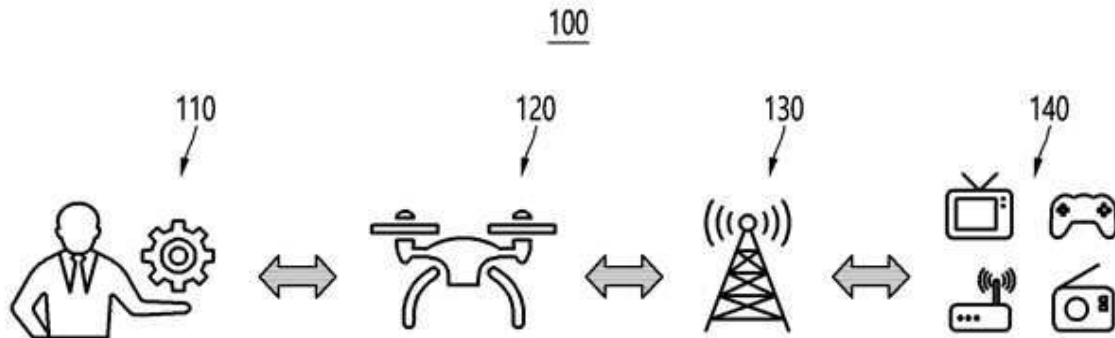
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 도시 컴퓨팅에 기반하는 데이터 프로세싱 시스템 및 그 방법

(57) 요약

본 발명은 도시 컴퓨팅에 기반하는 데이터 프로세싱 시스템 및 그 방법에 관한 것으로서, 일 실시예에 따른 데이터 프로세싱 시스템은 서비스 제공자로부터 도시 컴퓨팅에 기초하는 서비스 정보의 수신을 위한 요청 신호를 수신하고, 수신한 요청 신호에 기초하여 기 설정된 영역에 위치한 적어도 하나의 IoT(Internet of Thing) 단말의 데이터를 수집하는 기지국 및 수집된 데이터를 기 설정된 서비스 정보 생성 모델에 입력하여 수집된 데이터에 대응되는 서비스 정보를 생성하고, 생성된 서비스 정보를 서비스 제공자에게 제공하는 무인 항공기를 포함하고, 여기서 기지국은 차등 프라이버시(Differential Privacy)에 기초하여 수집된 데이터를 무인 항공기에 제공한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류

G16Y 30/10 (2020.01)

H04L 9/40 (2022.05)

H04W 12/10 (2021.01)

H04W 84/06 (2019.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711191658
과제번호	2023R1A2C1005712
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공분야기초연구사업(통합)-중견연구자지원사업-(유형1-1)중견연구
연구과제명	Urban computing 환경에서 UAM을 위한 지능형 통신 및 데이터 보안 기법
기 여 율	1/1
과제수행기관명	이화여자대학교
연구기간	2023.03.01 ~ 2024.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

서비스 제공자로부터 도시 컴퓨팅에 기초하는 서비스 정보의 수신을 위한 요청 신호를 수신하고, 상기 수신한 요청 신호에 기초하여 기 설정된 영역에 위치한 적어도 하나의 IoT(Internet of Thing) 단말의 데이터를 수집하는 기지국 및

상기 수집된 데이터를 기 설정된 서비스 정보 생성 모델에 입력하여 상기 수집된 데이터에 대응되는 서비스 정보를 생성하고, 상기 생성된 서비스 정보를 상기 서비스 제공자에게 제공하는 무인 항공기

를 포함하고,

상기 기지국은,

차등 프라이버시(Differential Privacy)에 기초하여 상기 수집된 데이터를 상기 무인 항공기에 제공하는

데이터 프로세싱 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 요청 신호는,

상기 서비스 제공자의 식별 정보, 상기 서비스 정보의 데이터 유형 정보, 상기 서비스 정보에 대응되는 지역의 위치 정보, 상기 요청 신호에 대응되는 프라이버시 매개변수(Privacy Parameter) 중 적어도 하나의 정보를 포함하는

데이터 프로세싱 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 무인 항공기는,

상기 서비스 제공자로부터 상기 요청 신호를 수신하고, 상기 수신한 요청 신호를 상기 기지국에 전달하는

데이터 프로세싱 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 무인 항공기는,

UAV 블록체인에 따른 스마트 계약(Smart Contract)에 기초하여 상기 서비스 제공자에게 상기 생성된 서비스 정보를 제공하고,

상기 UAV 블록체인은,

상기 무인 항공기가 접근할 수 있는 메인 체인(Main Chain)과, 상기 무인 항공기 및 상기 서비스 제공자가 접근할 수 있는 차일드 체인(Child Chain)을 포함하는

데이터 프로세싱 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 무인 항공기는,

상기 서비스 정보의 생성 시 상기 서비스 정보 생성 모델의 모델 매개변수를 포함하는 UAV 트랜잭션을 생성하고, 상기 생성된 UAV 트랜잭션을 상기 메인 체인에 기록하는

데이터 프로세싱 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 기지국은,

기 설정된 주기마다 상기 IoT 단말로부터 데이터를 수집하고, 상기 수집된 데이터를 클라우드 서버에 저장하는

데이터 프로세싱 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 무인 항공기는,

상기 기지국으로부터 상기 클라우드 서버에 저장된 데이터 중 기 설정된 학습 기간에 수집된 학습 데이터를 수신하고, 상기 수신한 학습 데이터를 이용하여 상기 서비스 정보 생성 모델을 사전 학습하는

데이터 프로세싱 시스템.

청구항 8

제2항에 있어서,

상기 기지국은,

상기 프라이버시 매개변수에 기초하여 노이즈를 생성하고, 상기 생성된 노이즈를 상기 수집된 데이터에 반영하는 상기 차등 프라이버시에 기초하여 상기 노이즈가 반영된 데이터를 상기 무인 항공기에 제공하는

데이터 프로세싱 시스템.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 기지국은,

BS 블록체인에 저장된 복수의 노이즈 중 상기 데이터 유형 정보, 상기 프라이버시 매개변수 및 상기 요청 신호에 대응되는 쿼리 유형 정보 중 적어도 하나의 정보에 대응되는 적어도 하나의 노이즈를 추출하고, 상기 추출된 노이즈를 재사용하여 상기 차등 프라이버시를 수행하는

데이터 프로세싱 시스템.

청구항 10

무인 항공기에서, 서비스 제공자로부터 도시 컴퓨팅에 기초하는 서비스 정보의 수신을 위한 요청 신호를 수신하는 단계;

기지국에서, 상기 수신한 요청 신호에 기초하여 기 설정된 영역에 위치한 적어도 하나의 IoT(Internet of Thing) 단말의 데이터를 수집하는 단계 및

상기 무인 항공기에서, 상기 수집된 데이터를 기 설정된 서비스 정보 생성 모델에 입력하여 상기 수집된 데이터에 대응되는 서비스 정보를 생성하고, 상기 생성된 서비스 정보를 상기 서비스 제공자에게 제공하는 단계

를 포함하고,

상기 데이터를 수집하는 단계는,

상기 기지국에서, 차등 프라이버시(Differential Privacy)에 기초하여 상기 수집된 데이터를 상기 무인 항공기에 제공하는

데이터 프로세싱 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 데이터 프로세싱 시스템 및 그 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 도시 컴퓨팅 환경에서 IoT 단말과 연결된 기지국과, 무인 항공기를 이용하여 보다 효율적인 데이터 프로세싱을 수행하는 기술적 사상에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 도시 컴퓨팅(Urban Computing)은 도시가 직면한 에너지, 교통, 환경 등의 주요 이슈를 해결하기 위해 센서, 단말, 차량 및 건물 등 도시 내에서 생성된 데이터를 수집하고 분석하는 프로세스를 수행하며, 특히 해당 환경에서는 각 IoT(Internet of Thing) 단말을 통해 수집된 데이터가 다른 IoT 단말의 데이터로 사용되는 순환 구조로 이루어져 있다.

[0003] 구체적으로, 도시 컴퓨팅은 IoT 센서에 기초하는 IoT 단말을 이용하여 빅데이터를 생성하고, 생성된 빅데이터에 기초하는 학습 및 분석을 통해 도시 환경 내에서 새로운 정보를 생성할 수 있다. 예를 들면, 도시 컴퓨팅은 도시 내에서의 차량의 GPS, 속도, 목적지 정보 등의 데이터를 활용하여 도시 내에서 교통이 혼잡한 곳을 파악할 수 있으며, 사용자는 이러한 혼잡 정보를 활용하여 교통 혼잡 지역을 회피하고 최적의 경로를 찾을 수 있으며, 교통 사고의 위험을 줄일 수 있다.

[0004] 한편, 도시 컴퓨팅에서는 IoT 단말로부터 빅데이터를 수집 및 분석하는 과정을 기지국(Base Station) 단에서 수행하고 있어, 기지국 단에서의 과부하를 야기하고 있으며, 이러한 과부하로 인해 실시간으로 데이터를 처리하여 도시 컴퓨팅에 기초하는 서비스를 제공하는데 어려움을 겪고 있다.

[0005] 또한, 도시 컴퓨팅에서는 사용자에게 시간과 상황에 따라 필요한 정보를 제공하기 위해 데이터 무결성을 보장해야 하는데, 이 경우에 데이터가 정확하지 않으면 데이터를 학습하여 생성된 정보도 정확하지 않아 결국 도시 컴퓨팅 시스템의 성능 저하를 야기한다.

[0006] 한편, 기존의 도시 컴퓨팅 시스템은 모든 단말에서 지속적으로 데이터를 수집하고, 각 특성에 맞는 데이터를 데이터베이스에 저장하는데, 이때 데이터 수집 및 전송 과정에서 데이터가 유출될 수 있으며, 악의적인 공격자에 의한 민감한 데이터의 하이재킹의 발생 가능성이 존재한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제10-2023-0040115호, "모바일 IoT 환경에서 블록체인 기반 데이터 통신 시스템 및 그 방법"

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 기지국에서 IoT 단말로부터 수집한 데이터를 무인 항공기에서 학습하여 서비스 정보를 생성 및 제공함으로써, 기지국의 과부하를 최소화하고 데이터를 실시간으로 처리할 수 있는 데이터 프로세싱 시스템 및 그 방법을 제공하고자 한다.

[0009] 또한, 본 발명은 데이터에 차등 프라이버시를 적용하되, 차등 프라이버시의 적용 과정에서 노이즈를 재사용함으로써, 데이터 보안 및 프라이버시를 보호하고 기 설정된 프라이버시 예산(Privacy Budget)의 사용을 최소화할 수 있는 데이터 프로세싱 시스템 및 그 방법을 제공하고자 한다.

[0010] 또한, 본 발명은 차일드 체인에 기초하는 스마트 계약을 통해 데이터 보안성을 보다 향상시킬 수 있는 데이터 프로세싱 시스템 및 그 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명의 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 시스템은 서비스 제공자로부터 도시 컴퓨팅에 기초하는 서비스 정보의 수신을 위한 요청 신호를 수신하고, 수신한 요청 신호에 기초하여 기 설정된 영역에 위치한 적어도 하나의 IoT(Internet of Thing) 단말의 데이터를 수집하는 기지국 및 수집된 데이터를 기 설정된 서비스 정보 생성 모델에 입력하여 수집된 데이터에 대응되는 서비스 정보를 생성하고, 생성된 서비스 정보를 서비스 제공자에게 제공하는 무인 항공기를 포함하고, 여기서 기지국은 차등 프라이버시(Differential Privacy)에 기초하여 수집된 데이터를 무인 항공기에 제공할 수 있다.

[0012] 일측에 따르면, 요청 신호는 서비스 제공자의 식별 정보, 서비스 정보의 데이터 유형 정보, 서비스 정보에 대응되는 지역의 위치 정보, 요청 신호에 대응되는 프라이버시 매개변수(Privacy Parameter) 중 적어도 하나의 정보를 포함할 수 있다.

[0013] 일측에 따르면, 무인 항공기는 서비스 제공자로부터 요청 신호를 수신하고, 수신한 요청 신호를 기지국에 전달할 수 있다.

[0014] 일측에 따르면, 무인 항공기는 UAV 블록체인에 따른 스마트 계약(Smart Contract)에 기초하여 서비스 제공자에게 생성된 서비스 정보를 제공할 수 있다.

[0015] 일측에 따르면, UAV 블록체인은 무인 항공기가 접근할 수 있는 메인 체인(Main Chain)과, 무인 항공기 및 서비스 제공자가 접근할 수 있는 차일드 체인(Child Chain)을 포함할 수 있다.

[0016] 일측에 따르면, 무인 항공기는 서비스 정보의 생성 시 서비스 정보 생성 모델의 모델 매개변수를 포함하는 UAV 트랜잭션을 생성하고, 생성된 UAV 트랜잭션을 메인 체인에 기록할 수 있다.

[0017] 일측에 따르면, 기지국은 기 설정된 주기마다 IoT 단말로부터 데이터를 수집하고, 수집된 데이터를 클라우드 서버에 저장할 수 있다.

[0018] 일측에 따르면, 무인 항공기는 기지국으로부터 클라우드 서버에 저장된 데이터 중 기 설정된 학습 기간에 수집된 학습 데이터를 수신하고, 수신한 학습 데이터를 이용하여 서비스 정보 생성 모델을 사전 학습할 수 있다.

[0019] 일측에 따르면, 기지국은 프라이버시 매개변수에 기초하여 노이즈를 생성하고, 생성된 노이즈를 수집된 데이터에 반영하는 차등 프라이버시에 기초하여 노이즈가 반영된 데이터를 무인 항공기에 제공할 수 있다.

[0020] 일측에 따르면, 기지국은 BS 블록체인에 저장된 복수의 노이즈 중 데이터 유형 정보, 프라이버시 매개변수 및 요청 신호에 대응되는 쿼리 유형 정보 중 적어도 하나의 정보에 대응되는 적어도 하나의 노이즈를 추출하고, 추출된 노이즈를 재사용하여 차등 프라이버시를 수행할 수 있다.

[0021] 본 발명의 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 방법은 무인 항공기에서, 서비스 제공자로부터 도시 컴퓨팅에 기초하는 서비스 정보의 수신을 위한 요청 신호를 수신하는 단계와, 기지국에서, 수신한 요청 신호에 기초하여 기 설정된 영역에 위치한 적어도 하나의 IoT(Internet of Thing) 단말의 데이터를 수집하는 단계와, 무인 항공기에서, 수집된 데이터를 기 설정된 서비스 정보 생성 모델에 입력하여 수집된 데이터에 대응되는 서비스 정보를 생성하고 생성된 서비스 정보를 서비스 제공자에게 제공하는 단계를 포함하고, 여기서 데이터를 수집하는 단계는 기지국에서, 차등 프라이버시(Differential Privacy)에 기초하여 수집된 데이터를 무인 항공기에 제공할 수 있다.

발명의 효과

[0022] 일실시예에 따르면, 본 발명은 기지국에서 IoT 단말로부터 수집한 데이터를 무인 항공기에서 학습하여 서비스 정보를 생성 및 제공함으로써, 기지국의 과부하를 최소화하고 데이터를 실시간으로 처리할 수 있다.

[0023] 일실시예에 따르면, 본 발명은 데이터에 차등 프라이버시를 적용하되, 차등 프라이버시의 적용 과정에서 노이즈를 재사용함으로써, 데이터 보안 및 프라이버시를 보호하고 기 설정된 프라이버시 예산(Privacy Budget)의 사용을 최소화할 수 있다.

[0024] 일실시예에 따르면, 본 발명은 차일드 체인에 기초하는 스마트 계약을 통해 데이터 보안성을 보다 향상시킬 수

있다.

도면의 간단한 설명

[0025]

도 1은 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 시스템을 보다 구체적으로 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 시스템에서 UAV 블록체인을 활용하는 예시를 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 시스템에서 데이터 적응 매개변수의 활용 예시를 설명하기 위한 도면이다.

도 5a 내지 도 5c는 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 시스템에 대한 보안 및 프라이버시 분석 결과를 설명하기 위한 도면이다.

도 6a 및 도 6b는 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 시스템에 대한 데이터 정확도의 분석 결과를 설명하기 위한 도면이다.

도 7은 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 8은 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 방법을 보다 구체적으로 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026]

본 명세서에 개시되어 있는 본 발명의 개념에 따른 실시예들에 대해서 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로서, 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 형태로 실시될 수 있으며 본 명세서에 설명된 실시예들에 한정되지 않는다.

[0027]

본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 변경들을 가할 수 있고 여러 가지 형태들을 가질 수 있으므로 실시예들을 도면에 예시하고 본 명세서에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 특정한 개시형태들에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.

[0028]

제1 또는 제2 등의 용어를 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 구성요소들은 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만, 예를 들면 본 발명의 개념에 따른 권리 범위로부터 이탈되지 않은 채, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소는 제1 구성요소로도 명명될 수 있다.

[0029]

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 들면 "~사이에"와 "바로~사이에" 또는 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.

[0030]

본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예들을 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 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 존재함으로 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.

[0031]

다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 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.

- [0033] 이하, 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 그러나, 특허출원의 범위가 이러한 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- [0035] 도 1은 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 시스템을 설명하기 위한 도면이다.
- [0036] 도 1을 참조하면, 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 시스템(100)은 기지국에서 IoT 단말로부터 수집한 데이터를 무인 항공기에서 학습하여 서비스 정보를 생성 및 제공함으로써, 기지국의 과부하를 최소화하고 데이터를 실시간으로 처리할 수 있다.
- [0037] 또한, 데이터 프로세싱 시스템(100)은 데이터에 차등 프라이버시(Differential Privacy)를 적용하되, 차등 프라이버시의 적용 과정에서 노이즈를 재사용(reuse)함으로써, 데이터 보안 및 프라이버시를 보호하고 기 설정된 프라이버시 예산의 사용을 최소화할 수 있다.
- [0038] 또한, 데이터 프로세싱 시스템(100)은 차일드 체인에 기초하는 스마트 계약을 통해 데이터 보안성을 보다 향상시킬 수 있다.
- [0039] 구체적으로, 데이터 프로세싱 시스템(100)을 이용하는 서비스 제공자(service provider)는 사용자의 요구에 맞는 서비스 정보를 생성하기 위해 데이터베이스에 쿼리를 실행하고 데이터를 획득하며, 이 경우 서비스 제공자가 악의적인 사용자인 경우 특정 사용자의 민감한 정보를 획득하기 위해 여러 쿼리를 시도할 수 있다.
- [0040] 이때, 데이터 프로세싱 시스템(100)은 특정 사용자의 민감한 정보가 노출되는 것을 방지하기 위해 차등 프라이버시를 활용하며, 차등 프라이버시를 적용하는 과정에서 기 설정된 각 데이터의 프라이버시 예산 한도를 초과하지 않도록 관리하기 위해 노이즈를 재사용할 수 있다.
- [0041] 또한, 데이터 프로세싱 시스템(100)은 블록체인 기반의 스마트 계약을 통해 서비스 제공자에게 서비스 정보를 제공하되, 이때 블록체인을 메인 블록체인과, 차일드 블록 체인을 구분하여 민감한 정보를 메인 블록체인에 저장하여 데이터의 보안성을 향상시킬 수 있다.
- [0042] 이를 위해, 데이터 프로세싱 시스템(100)은 무인 항공기(Unmanned Aerial Vehicle; UAV)(120) 및 기지국(130)을 포함할 수 있다.
- [0043] 또한, 무인 항공기(120)는 적어도 하나의 서비스 제공자(110) 및 기지국(130)과 연결되고, 기지국(130)은 적어도 하나의 IoT 단말(140)과 연결될 수 있다.
- [0044] 서비스 제공자(110)는 도시 컴퓨팅에 기초하는 서비스를 제공하는 사용자(또는 기업)가 운영하는 서버 및 통신 기능을 구비한 장치 중 적어도 하나를 의미할 수 있다.
- [0045] 무인 항공기(120)는 UAV 블록체인을 형성하고, 기지국(130)으로부터 작업을 할당 받으며, 기지국(120)으로부터 받은 데이터에 기초하는 학습을 통해 결과를 반환할 수 있다.
- [0046] 기지국(130)은 다른 기지국들과 BS 블록체인을 형성하고, IoT 단말(140)과 통신을 하며, 데이터를 클라우드 서버에 업로드할 수 있다. 또한, 기지국(130)은 IoT 단말의 데이터 프라이버시를 위해 차등 프라이버시를 적용하며, 차등 프라이버시가 적용된 데이터를 UAV에 제공할 수 있다.
- [0047] 클라우드 서버는 시스템에 구축된 모든 블록체인을 저장할 수 있으며, 이를 통한 데이터 추적이 가능하여 데이터의 무결성을 보장할 수 있다. 또한, 클라우드 서버는 서비스 거부(Denial of Service; DoS) 공격이 발생하더라도 지속적으로 서비스를 제공하도록 지원할 수 있다.
- [0048] IoT 단말(140)은 도시 컴퓨팅 환경에 구비된 모든 IoT 장치를 의미하며, 도시 컴퓨팅에 기초하여 기 설정된 영역에 설치될 수 있으며, 바람직하게는 기지국(130)의 커버리지에 대응되는 영역에 설치되어 기지국(130)을 통해 IoT 데이터(이하, 데이터)를 제공할 수 있다.
- [0049] 구체적으로, 일실시예에 따른 기지국(120)은 서비스 제공자로부터 도시 컴퓨팅에 기초하는 서비스 정보의 수신을 위한 요청 신호를 수신하고, 수신한 요청 신호에 기초하여 기 설정된 영역에 위치한 적어도 하나의 IoT 단말의 데이터를 수집할 수 있다.
- [0050] 또한, 일실시예에 따른 무인 항공기(120)는 수집된 데이터를 기 설정된 서비스 정보 생성 모델에 입력하여 수집된 데이터에 대응되는 서비스 정보를 생성하고, 생성된 서비스 정보를 서비스 제공자에게 제공할 수 있다.

- [0051] 예를 들면, 요청 신호는 서비스 제공자의 식별 정보, 서비스 정보의 데이터 유형 정보, 서비스 정보에 대응되는 지역의 위치 정보, 요청 신호에 대응되는 프라이버시 매개변수(Privacy Parameter, ϵ) 중 적어도 하나의 정보를 포함할 수 있다.
- [0052] 또한, 서비스 정보 생성 모델은 인공지능 모델일 수 있으며, 예를 들면, 서비스 정보 모델은 DNN(Deep Neural Network) 및 CNN(Convolution Neural Network) 중 적어도 하나에 기초하는 모델일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0053] 일측에 따르면, 무인 항공기(120)는 서비스 제공자(110)로부터 요청 신호를 수신하고, 수신한 요청 신호를 기지국에 전달할 수 있다.
- [0054] 일측에 따르면, 무인 항공기(120)는 UAV 블록체인에 따른 스마트 계약(Smart Contract)에 기초하여 서비스 제공자에게 생성된 서비스 정보를 제공할 수 있다.
- [0055] 또한, UAV 블록체인은 무인 항공기가 접근할 수 있는 메인 체인(Main Chain)과, 무인 항공기 및 서비스 제공자가 접근할 수 있는 차일드 체인(Child Chain)을 포함할 수 있다.
- [0056] 예를 들면, 무인 항공기(120)는 서비스 정보의 생성 시 서비스 정보 생성 모델의 모델 매개변수를 포함하는 UAV 트랜잭션을 생성하고, 생성된 UAV 트랜잭션을 메인 체인에 기록할 수 있다.
- [0057] 일측에 따르면, 기지국(130)은 기 설정된 주기마다 IoT 단말로부터 데이터를 수집하고, 수집된 데이터를 클라우드 서버에 저장할 수 있다.
- [0058] 또한, 무인 항공기(120)는 기지국으로부터 클라우드 서버에 저장된 데이터 중 기 설정된 학습 기간에 수집된 학습 데이터를 수신하고, 수신한 학습 데이터를 이용하여 서비스 정보 생성 모델을 사전 학습할 수 있다.
- [0059] 다시 말해, 무인 항공기(120)는 학습 기간에 수집된 학습 데이터를 이용하여 서비스 생성 모델을 구축 및 사전 학습하고, 사전 학습된 서비스 생성 모델에 기지국으로부터 수신한 실시간 데이터(즉, 수집된 데이터)를 입력하여 서비스 정보를 생성할 수 있다.
- [0060] 한편, 기지국(130)은 차등 프라이버시(differential privacy)에 기초하여 수집된 데이터를 무인 항공기(120)에 제공할 수 있다.
- [0061] 일측에 따르면, 기지국(130)은 프라이버시 매개변수(ϵ)에 기초하여 노이즈를 생성하고, 생성된 노이즈를 수집된 데이터에 반영하는 차등 프라이버시에 기초하여 노이즈가 반영된 데이터를 무인 항공기에 제공할 수 있다.
- [0062] 또한, 기지국(130)은 BS 블록체인에 저장된 복수의 노이즈 중 데이터 유형 정보, 프라이버시 매개변수 및 요청 신호에 대응되는 쿼리 유형 정보 중 적어도 하나의 정보에 대응되는 적어도 하나의 노이즈를 추출하고, 추출된 노이즈를 재사용하여 차등 프라이버시를 수행할 수 있다.
- [0063] 예를 들면, BS 블록체인은 복수의 기지국들이 서로 공유하는 블록체인일 수 있다.
- [0064] 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 시스템(100)은 이후 실시예 도 2를 통해 보다 구체적으로 설명하기로 한다.
- [0066] 도 2는 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 시스템을 보다 구체적으로 설명하기 위한 도면이다.
- [0067] 도 2를 참조하면, 데이터 프로세싱 시스템(200)은 서비스 제공자(Service Provider; SP)와, 기 설정된 영역들 각각의 상공을 비행하고 있는 복수의 무인 항공기(UAV)와, 기 설정된 영역들에 대응하여 배치된 복수의 기지국(Base station; BS) 및 복수의 기지국(BS) 각각의 커버리지에 대응되는 영역에 배치된 복수의 IoT 단말(IoT device)을 포함할 수 있다.
- [0068] 예를 들면, 하나의 무인 항공기(UAV)는 하나의 기지국(BS)에 매칭될 수 있으나, 이에 한정되지 않고, 하나의 무인 항공기(UAV)에 둘 이상의 기지국(BS)이 매칭될 수도 있다.
- [0069] 구체적으로, 서비스 제공자(SP)는 도시 컴퓨팅에 기초하는 서비스를 제공하기 위해, 서비스의 제공을 위한 영역에 위치한 무인 항공기(UAV)로 서비스 정보의 수신을 위한 요청 신호를 송신할 수 있다.
- [0070] 예를 들면, 요청 신호는 서비스 제공자의 식별 정보, 서비스 정보의 데이터 유형 정보, 서비스 정보에 대응되는 지역의 위치 정보, 요청 신호에 대응되는 프라이버시 매개변수(ϵ)를 포함할 수 있다.

- [0071] 요청 신호를 수신한 무인 항공기(UAV)는 UAV 블록체인(UAV chain)에 따른 스마트 계약을 확인한 후, UAV 블록체인(UAV chain)의 쿼리를 실행하여 서비스 제공자(SP)의 서비스 유형을 확인한 후에 확인 결과에 기초하여 요청 신호를 대응되는 기지국(BS)에 전달할 수 있다.
- [0072] 예를 들면, 무인 항공기(UAV)는 서비스 제공자(SP)와의 스마트 계약 시에 서비스 제공자(SP)의 서비스 유형과 인증 정보를 사전에 수집하고, 이를 UAV 블록체인의 UAV 원장(UAV Ledger)에 기록할 수 있다.
- [0073] 또한, 무인 항공기(UAV)는 UAV 블록체인(UAV chain)을 통해 확인된 서비스 제공자(SP)의 서비스 유형이 '교통' 이고, 요청 신호의 서비스 유형이 '교통'으로 일치하면 요청 신호를 대응되는 기지국(BS)에 전달할 수 있다.
- [0074] 또한, UAV 블록체인(UAV chain)을 통해 확인된 서비스 제공자(SP)의 서비스 유형이 '교통'이고, 요청 신호의 서비스 유형이 '교통'에 따른 트래픽과 관련이 없는 '엔터테인먼트' 또는 '의료'이면, 해당 요청 신호가 적절하지 않은 것으로 판단하여 요청 신호에 대한 전달을 거부하고 이를 서비스 제공자(SP)에게 통보할 수 있다.
- [0075] 이를 위해, UAV 블록체인(UAV chain)은 무인 항공기(UAV)가 접근할 수 있는 메인 체인(Main Chain)과, 무인 항공기(UAV) 및 서비스 제공자(SP)가 접근할 수 있는 차일드 체인(Child Chain)을 포함할 수 있다.
- [0076] 다시 말해, 메인 체인은 무인 항공기(UAV)만이 확인할 수 있고 서비스 제공자(SP)는 확인할 수 없는 민감한 정보가 기록되고, 차일드 체인에는 무인 항공기(UAV)와 서비스 제공자(SP)가 모두 확인할 수 있는 일반적인 정보가 기록될 수 있다.
- [0077] 예를 들면, 메인 체인에는 트랜잭션 발생 시간에 대한 정보(Time), 트랜잭션의 발생 주체에 대한 식별 정보(UAV_{ID}), 요청 신호를 전송한 서비스 제공자의 식별 정보(SP_{ID}), 서비스 제공자가 송신한 요청 신호에 대응되는 데이터 유형 정보(Data_{type}), 요청 신호에 대응되는 서비스 정보(즉, 서비스 정보 생성 모델의 학습 결과)(Result_{data}) 및 서비스 정보 생성 모델의 모델 매개변수(Parameter_{model})가 기록될 수 있다.
- [0078] 또한, 차일드 체인에는 트랜잭션 발생 시간에 대한 정보(Time), 요청 신호를 전송한 서비스 제공자의 식별 정보(SP_{ID}), 데이터 유형 정보(Data_{type}), 로컬 그룹에 속한 그룹 구성원(즉, IoT 단말)의 리스트(IoT_{list}) 및 서비스 정보(Result_{data})가 기록될 수 있다.
- [0079] 기지국(BS)은 전달 받은 요청 신호에 기초하여 IoT 단말(IoT device)들로부터 데이터를 수집할 수 있으며, 수집된 데이터를 클라우드 서버에 저장할 수 있다.
- [0080] 예를 들면, 클라우드 서버는 복수의 무인 항공기(UAV)들이 서로 공유하는 UAV 블록체인(UAV chain)과, 복수의 기지국(BS)들이 서로 공유하는 BS 블록체인(BS chain)이 저장될 수 있다.
- [0081] 기지국(BS)은 수집된 데이터에 차등 프라이버시를 적용하고, 차등 프라이버시가 적용된 데이터를 무인 항공기(UAV)에 제공할 수 있다.
- [0082] 일측에 따르면, 기지국(BS)은 프라이버시 매개변수(ϵ)에 기초하여 노이즈를 생성하고, 생성된 노이즈를 수집된 데이터에 반영하는 차등 프라이버시에 기초하여 노이즈가 반영된 데이터를 무인 항공기에 제공할 수 있다.
- [0083] 구체적으로, 프라이버시 매개변수(ϵ)는 측정 가능하고 검증 가능한 매개변수이며 제한된 프라이버시 보호 범위 내에서 통계 값을 제공하는 데 사용될 수 있다.
- [0084] 차등 프라이버시는 프라이버시 매개변수(ϵ)에 대응하여 기 설정된 크기의 노이즈를 실제 데이터 세트에 추가하여 의미상 정답에 가장 가까운 값을 사용자에게 반환하는 방법으로, 결과적으로 시스템은 특정 개인에 대한 개인 정보 침해 줄이고 가치의 의미를 보존할 수 있다.
- [0085] 다만, 아무리 랜덤 노이즈가 추가되더라도 결국 반환되는 정보에는 일부 개인 정보가 포함될 수 있으며, 서비스 제공자 또는 다른 사용자가 같은 질문을 반복하면 점점 개인정보에 접근하게 되고, 여러 번 반복하다 보면 결국 정답에 접근할 수 있다.
- [0086] 따라서, 기지국(BS)은 서비스 제공자에 의한 반복되는 질의를 방지하기 위해 차등 프라이버시 적용 시에 프라이버시 예산이라는 임계값을 설정할 수 있으며, 이를 통해 질의의 범위를 제한할 수 있다.
- [0087] 일측에 따르면, 복수의 기지국(BS)들은 서로 공유하는 BS 블록체인(BS chain)에 트랜잭션 발생 시간에 대한 정보(Time), 트랜잭션이 발생된 기지국의 식별정보(BS_{ID}), 요청 신호를 전달한 무인 항공기의 식별 정보(UAV_{ID}),

요청 신호에 대응되는 데이터 유형 정보(Data_{type}), 요청 신호에 대응되는 프라이버시 매개변수(ϵ), 차등 프라이버시를 위해 생성한 노이즈 데이터(Noise) 및 데이터 유형에 대하여 남아 있는 프라이버시 예산에 대한 정보(Remaining_{budget})를 기록할 수 있다.

- [0088] 또한, 기지국(BS)은 BS 블록체인(BS chain)에 저장된 복수의 노이즈 중 데이터 유형 정보, 프라이버시 매개변수(ϵ) 및 요청 신호에 대응되는 쿼리 유형 정보 중 적어도 하나의 정보에 대응되는 적어도 하나의 노이즈를 추출하고, 추출된 노이즈를 재사용하여 차등 프라이버시를 수행할 수 있다.
- [0089] 다시 말해, 기지국(BS)은 기 설정된 프라이버시 예산의 불필요한 낭비를 방지하기 위해, 동일한 데이터를 사용하는 서비스 제공자(SP)의 요청이 있을 때 노이즈를 재사용할 수 있다.
- [0090] 여기서, 동일한 데이터(즉, 노이즈 데이터)를 사용한다는 것은 데이터 분포가 같다는 것을 의미하고, 프라이버시 매개변수(ϵ)가 같다는 것은 데이터에 대해 어느 정보 프라이버시가 보장되는지에 대한 제한이 같다는 것을 의미하므로, 노이즈를 재사용하면 동일한 데이터에 노이즈를 추가하기 위해 프라이버시 예산을 사용하지 않고도 프라이버시를 보호할 수 있다.
- [0091] 예를 들면, 기지국(BS)은 BS 블록체인(BS chain)에 동일한 데이터 타입의 기록이 존재하지 않거나, 프라이버시 매개변수(ϵ)의 값이 다른 경우에 새로운 노이즈 데이터(Noise)를 생성하여 IoT 단말로부터 수집된 데이터에 반영한 후, 노이즈가 반영된 데이터를 요청 신호를 전달한 무인 항공기(UAV)에 전달할 수 있으며, 이와 동시에 남은 프라이버시 예산(Remaining_{budget})을 연산하고, 새로운 노이즈 데이터(Noise)와 남은 프라이버시 예산(Remaining_{budget})을 포함하는 트랜잭션을 생성하여 BS 블록체인(BS chain)에 기록할 수 있다.
- [0092] 또한, 기지국(BS)은 BS 블록체인(BS chain)에 요청 신호와 동일한 데이터 타입이 존재하고, 이 데이터 타입의 프라이버시 매개변수(ϵ)의 값이 요청 신호의 값과 동일하면, 이 데이터 타입에 대응되는 노이즈 데이터를 재사용할 수 있다.
- [0093] 한편, 기지국(BS)은 노이즈가 반영된 데이터(즉, 차등 프라이버시가 적용된 데이터)를 서비스 정보 생성 모델에 입력하여 서비스 정보를 생성할 수 있으며, 생성된 서비스 정보를 요청 정보를 전송한 서비스 제공자(SP)에게 제공할 수 있다.
- [0094] 또한, 기지국(BS)은 생성된 서비스 정보(Result_{data})와, 서비스 정보(Result_{data})를 생성한 서비스 정보 생성 모델의 모델 매개변수(Parameter_{model})를 포함하는 트랜잭션을 생성하여 BS 블록체인(BS chain)에 반영할 수 있다.
- [0096] 도 3은 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 시스템에서 UAV 블록체인을 활용하는 예시를 설명하기 위한 도면이다.
- [0097] 도 3을 참조하면, 301 단계에서 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 시스템은 서비스 제공자와 무인 항공기 간의 스마트 계약을 생성할 수 있다.
- [0098] 다음으로, 302 단계에서 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 시스템은 무인 항공기가 서비스 제공자로부터 서비스 정보의 수신을 위한 요청 신호를 수신하면, UAV 블록체인의 메인 체인에 저장된 스마트 계약에 따른 인증 정보에 기초하여 서비스 제공자를 인증할 수 있다.
- [0099] 다음으로, 303 단계에서 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 시스템은 서비스 제공자에 대한 인증이 완료되면, 서비스 정보 생성 모델에 기초한 학습 과정을 통해 서비스 정보를 생성하고, 생성된 서비스 정보를 서비스 제공자에게 제공할 수 있다.
- [0100] 다음으로, 304 단계에서 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 시스템은 서비스 정보의 생성에 따른 트랜잭션을 생성하고, 생성된 트랜잭션을 UAV 블록체인의 메인 체인 및 차일드 체인 각각에 기록할 수 있다.
- [0102] 도 4는 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 시스템에서 데이터 적응 매개변수의 활용 예시를 설명하기 위한 도면이다.
- [0103] 도 4를 참조하면, 기계 학습 또는 심화 학습에 기초하는 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 시스템은 학습 결과의 정확도를 높이기 위해 많은 양의 데이터를 필요로 하며, 일회성 질의를 위해 서비스 제공자가 요청한 데이터

만으로 학습을 진행할 경우에 모델의 정확도에 한계가 있다.

- [0104] 특히, 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 시스템에서는 무인 항공기가 학습을 담당하기 때문에 무인 항공기에 많은 양의 데이터를 업로드하면 리소스로 인한 과부하 문제가 야기될 수 있다.
- [0105] 이에, 무인 항공기는 UAV 블록체인에 동일한 데이터에 대한 학습 결과가 있으면, 해당 트랜잭션의 모델 매개변수를 사용하여 학습을 진행할 수 있으며, 이를 통해 과부하를 최소화할 수 있다.
- [0106] 구체적으로, 도면부호 400에 도시된 바와 같이, 무인 항공기는 기지국에서 학습 데이터를 획득한 이후에 학습을 진행하는데, 이때 무인 항공기는 학습을 시작하기 전에 UAV 블록체인에 쿼리를 하고 UAV 블록체인에 서비스 제공자가 요청한 데이터 유형의 기록이 존재하면, UAV 블록체인은 무인 항공기에게 서비스 제공자가 요청한 데이터 유형과 동일한 유형에 대응되는 모델 매개변수를 반환하며, 무인 항공기는 반환된 모델 매개변수에 기초하는 서비스 정보 생성 모델의 학습 과정에 기초하여 서비스 정보를 생성할 수 있다.
- [0107] 예를 들면, UAV 블록체인은 서비스 제공자가 요청한 데이터 유형과 동일한 기록이 'Transaction 1'에 존재하면, 'Transaction 1'에 기록된 모델 매개변수를 현재 시점에서 반환하여 'Transaction 3'를 생성할 수 있다.
- [0108] 또한, UAV 블록체인은 서비스 제공자가 요청한 데이터 유형의 기록이 존재하지 않으면, 매개 변수를 없음으로 설정하고, 이러한 결과를 반환할 수 있다.
- [0110] 도 5a 내지 도 5c는 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 시스템에 대한 보안 및 프라이버시 분석 결과를 설명하기 위한 도면이다.
- [0111] 도 5a 내지 도 5c를 참조하면, 도면부호 510의 (a)는 쿼리 수에 따른 총 프라이버시 비용의 분석 결과를 도시하고, 도면부호 510의 (b)는 각 데이터 유형에 차등 프라이버시를 적용할 때 프라이버시 비용의 분석 결과를 도시한다.
- [0112] 도면부호 510의 (c) 내지 (e) 각각은 각 데이터 유형(MNIST, Fashion MNIST, CIFAR10)의 총 프라이버시 비용의 분석 결과를 도시한다.
- [0113] 도면부호 520의 (a)는 RMSE를 이용한 쿼리 수에 따른 오류의 합계의 분석 결과를 도시하고, 도면부호 520의 (b)는 520의 (a)와 동일한 환경에서 MAE로 측정한 총 오류율의 분석 결과를 도시한다.
- [0114] 도면부호 520의 (c)는 로지스틱 회귀 모델에서 RMSE를 사용하여 오류의 합계를 분석한 결과를 도시하고, 도면부호 520의 (d)는 로지스틱 회귀 모델에서 MAE를 사용하여 오류의 합계를 분석한 결과를 도시한다.
- [0115] 도면부호 530의 (a) 내지 (d) 각각은 각 모델을 이용하여 도출된 쿼리 수에 따른 평균 오류 값의 분석 결과를 도시하며, 구체적으로 도면부호 530의 (a)는 naive Bayes model 및 RMSE에 기초한 분석 결과, 도면부호 530의 (b)는 naive Bayes model 및 MAE에 기초한 분석 결과, 도면부호 530의 (c)는 logistic regression model 및 RMSE에 기초한 분석 결과, 도면부호 530의 (d)는 logistic regression model 및 MAE에 기초한 분석 결과를 도시한다.
- [0116] 도면부호 530의 (e) 내지 (h) 각각은 각 모델을 이용하여 도출된 데이터 세트에 따른 평균 오류 값의 분석 결과를 도시하며, 구체적으로 도면부호 530의 (e)는 naive Bayes model 및 RMSE에 기초한 분석 결과, 도면부호 530의 (f)는 naive Bayes model 및 MAE에 기초한 분석 결과, 도면부호 530의 (g)는 logistic regression model 및 RMSE에 기초한 분석 결과, 도면부호 530의 (h)는 logistic regression model 및 MAE에 기초한 분석 결과를 도시한다.
- [0117] 도면부호 510에 따르면, naive 방식의 프라이버시 비용은 데이터 타입과 프라이버시 매개변수(ϵ) 값의 차이에 관계없이 질의 횟수가 증가할수록 증가하는 것으로 나타난 반면, 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 시스템(Proposed scheme)은 데이터 타입에 따라 다른 데이터베이스를 구축하고 동일한 프라이버시 매개변수(ϵ) 값에 따라 노이즈를 재사용함으로써, 프라이버시 비용이 상대적으로 낮게 사용이 되는 것으로 나타났다(도면부호 510의 (a)).
- [0118] 또한, 각 데이터 유형에 차등 프라이버시를 적용한 결과, naive 방식과 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 시스템은 모두 쿼리 수가 증가함에 따라 총 프라이버시 비용이 증가하는 것으로 나타났으나, 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 시스템은 데이터 유형과 프라이버시 매개변수 값이 동일할 때 노이즈를 재사용하기 때문에 총 프라

이버시 비용이 naive 방식 보다는 상대적으로 낮게 나타나는 것으로 분석되었다(도면부호 510의 (b)).

- [0119] 또한, 질의 횟수가 적은 경우에는 naive 방식과 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 시스템 간의 프라이버시 비용의 차이는 크지 않은 것으로 나타났으나, 질의 횟수가 증가할수록 프라이버시 비용의 차이가 커지는 것으로 나타났다(도면부호 510의 (c) 내지(e)).
- [0120] 이는, 쿼리 횟수가 늘어나면 같은 데이터에 동일한 프라이버시 파라미터를 가진 쿼리가 등장할 확률도 높아지며, 이로 인해 해당 정보가 블록체인에 기록되고 노이즈 재사용이 발생하기 때문인 것으로 분석되었다.
- [0121] 도면부호 520에 따르면, naive Bayes model은 오류율이 매우 높은 것으로 나타났으며, 이 모델에 차등 프라이버시를 적용하면 정확도가 낮아져 오히려 오류가 증가하는 것으로 나타났다. 반면, 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 시스템은 naive Bayes model 보다 낮은 오류율을 나타내는 것으로 분석되었다(도면부호 520의 (a) 내지(d)).
- [0122] 도면부호 530에 따르면, 각 요청 신호마다 임의의 프라이버시 매개변수(ϵ) 값을 사용하여 임의의 값에 많은 영향을 받기 때문에 값이 불안정한 것을 확인할 수 있으나, 쿼리 수가 증가할수록 평균 오류 값은 일정해 지는 것을 확인할 수 있다.
- [0123] 구체적으로, non-private 모델과 naive DP는 쿼리 수가 증가해도 유사한 오류 값을 유지하지만, 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 시스템은 쿼리 수가 증가할수록 평균 오류 값이 감소하는 것을 확인할 수 있으며, 이는 리가 많을수록 노이즈 재사용이 많아져 학습을 위한 추가적인 오류가 발생하지 않기 때문인 것으로 분석된다(도면부호 503의 (a) 내지 (d)).
- [0124] 또한, 데이터 세트마다 잡음에 대한 민감도가 다르기 때문에 오류율은 데이터 세트마다 다르게 측정되나, 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 시스템은 다른 데이터 세트의 naive DP 보다 작은 오류 값을 갖는 것으로 나타났다.
- [0125] 구체적으로, naive DP에서는 사용자가 쿼리를 여러 번 반복하면 결국 정답을 얻을 수 있는 반면, 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 시스템은 먼저 블록체인을 점검하고, 동일한 요청에 대한 트랜잭션이 있으면 해당 트랜잭션의 노이즈를 재사용함으로써 실제 데이터가 추측되는 것을 방지할 수 있으므로 프라이버시가 보장될 수 있다(도면부호 503의 (e) 내지 (h)).
- [0127] 도 6a 및 도 6b는 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 시스템에 대한 데이터 정확도의 분석 결과를 설명하기 위한 도면이다.
- [0128] 도 6a 및 도 6b를 참조하면, 도면부호 610의 (a) 내지 (f) 각각은 각 모델에 대한 학습의 정확도 및 테스트의 정확도의 분석 결과를 도시하며, 구체적으로 도면부호 610의 (a)는 에폭에 따른 DNN의 학습 정확도, 도면부호 610의 (b)는 에폭에 따른 CNN의 학습 정확도, 도면부호 610의 (c)는 요청 신호의 수에 따른 DNN의 학습 정확도, 도면부호 610의 (d)는 요청 신호의 수에 따른 CNN의 학습 정확도, 도면부호 610의 (e)는 요청 신호의 수에 따른 DNN의 정확도 테스트 결과, 도면부호 610의 (f)는 요청 신호의 수에 따른 CNN의 정확도 테스트 결과를 도시한다.
- [0129] 도면부호 620의 (a)는 각 데이터 세트(MNIST, Fashion MNIST, CIFAR10, CIFAR 100)에 따른 DNN의 정확도 테스트 결과를 도시하고, 도면부호 620의 (b)는 각 데이터 세트에 따른 CNN의 정확도 테스트 결과를 도시한다.
- [0130] 도면부호 610에 따르면, DNN 모델은 에폭이 10 정도밖에 안 되더라도 학습 정확도는 99%로 매우 높은 것으로 나타났으며, CNN 모델은 MNIST 데이터 세트에서 더 높은 정확도를 보여주므로, naive 방식이 우수한 정확도를 나타내지만 파라미터 활용 시 더 짧은 시간 내에 높은 정확도를 달성할 수 있는 것으로 분석되었다(도면부호 610의 (a) 및 (b)).
- [0131] naive DNN 모델은 요청 신호가 반복될 때마다 약 91%의 훈련 정확도를 갖는 반면, 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 시스템에 기초하는 DNN 모델은 동일한 데이터 유형의 경우 블록체인에 저장된 매개변수를 사용함으로써, 요청 신호가 많을수록 학습의 정확도가 높아지는 것으로 분석되었다(도면부호 610의 (c)).
- [0132] 또한, CNN 모델은 DNN 모델 보다 MNIST에 대해 더 나은 성능을 제공하므로 naive DNN 모델에서도 약 96.5%의 높은 학습 정확도를 나타냈으나, 그럼에도 불구하고 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 시스템에 기초하는 CNN 모델이 보다 높은 학습의 정확도를 보이는 것으로 나타났다(도면부호 610의 (d)).

- [0133] 마찬가지로, DNN 모델 및 CNN 모델에 대한 테스트 정확도의 분석 결과 또한 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 시스템에 기초하는 모델이 보다 정확한 것으로 분석되었다(도면부호 610의 (e) 및 (f)).
- [0134] 도면부호 620에 따르면, DNN과 CNN을 사용할 때 각 데이터 세트의 정확도를 분석한 결과, 테스트된 모든 데이터 세트에 대해 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 시스템이 보다 높은 정확도를 보이는 것으로 분석되었다(도면부호 620의 (a) 및 (b)).
- [0136] 도 7은 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0137] 다시 말해, 도 7은 도 1 내지 도 6b를 통해 설명한 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 장치의 동작방법을 설명하는 도면으로, 이하에서 도 7을 통해 설명하는 내용 중 도 1 내지 도 6b를 통해 설명한 내용과 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0138] 도 7을 참조하면, 710 단계에서 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 방법은 무인 항공기에서, 서비스 제공자로부터 도시 컴퓨팅에 기초하는 서비스 정보의 수신을 위한 요청 신호를 수신할 수 있다.
- [0139] 다음으로, 720 단계에서 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 방법은 기지국에서, 수신한 요청 신호에 기초하여 기 설정된 영역에 위치한 적어도 하나의 IoT(Internet of Thing) 단말의 데이터를 수집할 수 있다.
- [0140] 구체적으로, 720 단계에서 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 방법은 기지국에서, 차등 프라이버시(Differential Privacy)에 기초하여 수집된 데이터를 무인 항공기에 제공할 수 있다.
- [0141] 다음으로, 730 단계에서 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 방법은 무인 항공기에서, 수집된 데이터를 기 설정된 서비스 정보 생성 모델에 입력하여 수집된 데이터에 대응되는 서비스 정보를 생성할 수 있다.
- [0142] 다음으로, 740 단계에서 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 방법은 무인 항공기에서, 생성된 서비스 정보를 서비스 제공자에게 제공할 수 있다.
- [0144] 도 8은 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 방법을 보다 구체적으로 설명하기 위한 도면이다.
- [0145] 도 8을 참조하면, 이하에서 설명하는 801 단계 내지 816 단계는 도 7의 710 내지 740 단계에서 수행될 수 있다.
- [0146] 801 단계에서 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 방법은 서비스 제공자(SP_m)가 무인 항공기(UAV_{R_m})에게 요청 신호를 송신할 수 있으며, 여기서 요청 신호는 서비스 제공자의 식별 정보, 서비스 정보의 데이터 유형 정보, 서비스 정보에 대응되는 지역의 위치 정보, 요청 신호에 대응되는 프라이버시 매개변수(Privacy Parameter, ϵ_q)를 포함할 수 있다.
- [0147] 다음으로, 802 및 803 단계에서 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 방법은 무인 항공기(UAV_{R_m})가 UAV 블록체인($Blockchain_{UAV}$)에 기초하는 스마트 계약을 통해 서비스 제공자(SP_m)를 인증하고, 인증 결과에 기초하여 요청 신호를 기지국(BS_{R_m})으로 전달할 수 있다.
- [0148] 다음으로, 804 단계에서 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 방법은 기지국(BS_{R_m})에서 BS 블록체인(BC_{BS})으로 프라이버시 예산에 대한 정보 및 블록체인 쿼리에 따른 프라이버시 매개변수(ϵ_m)를 요청할 수 있다.
- [0149] 다음으로, 805 및 806 단계에서 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 방법은 BS 블록체인(BC_{BS})에서 요청 신호 및 요청 신호의 데이터 타입을 쿼리하고, 프라이버시 예산에 대한 정보와 블록체인 쿼리에 따른 프라이버시 매개변수(ϵ_m) 및 블록체인 쿼리에 따른 노이즈 데이터를 기지국(BS_{R_m})에 제공할 수 있다.
- [0150] 다음으로, 807 내지 809 단계에서 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 방법은 기지국(BS_{R_m})에서 차등 프라이버시가 적용된 데이터(즉, IoT 데이터)를 생성하고, 요청 신호에 대응되는 프라이버시 매개변수(ϵ_q), 데이터 타입 및 노이즈 데이터를 BS 블록체인(BC_{BS})에 반환할 수 있으며, 이때 BS 블록체인(BC_{BS})은 반환된 데이터에 기반하여 트랜잭션을 생성할 수 있다.
- [0151] 다음으로, 810 단계에서 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 방법은 무인 항공기(UAV_{R_m})가 기지국(BS_{R_m})으로부터

차등 프라이버시가 적용된 데이터를 수신할 수 있다.

[0152] 다음으로, 811 내지 813 단계에서 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 방법은 UAV 블록체인(Blockchain_{UAV})이 무인 항공기(UAV_{R_m})으로부터 모델 파라미터에 대한 송신 요청을 수신하고, 요청 신호 및 요청 신호에 따른 데이터 유형 정보를 쿼리하며, 무인 항공기(UAV_{R_m})에게 응답으로 모델 파라미터를 회신할 수 있다.

[0153] 다음으로, 814 단계에서 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 방법은 무인 항공기(UAV_{R_m})가 서비스 정보 생성 모델을 이용한 학습을 통해 서비스 정보를 생성하고, 학습을 통해 업데이트된 모델 파라미터를 도출할 수 있다.

[0154] 다음으로, 815 내지 817 단계에서 일실시예에 따른 데이터 프로세싱 방법은 무인 항공기(UAV_{R_m})가 UAV 블록체인(Blockchain_{UAV})에 서비스 정보 및 업데이트된 모델 파라미터를 제공하고, UAV 블록체인(Blockchain_{UAV})은 서비스 제공자(SP_m)에게 서비스 정보를 제공할 수 있으며 트랜잭션을 생성하여 메인 체인 및 차일드 체인 각각에 대응되는 트랜잭션을 기록할 수 있다.

[0156] 결국, 본 발명을 이용하면, 기지국에서 IoT 단말로부터 수집한 데이터를 무인 항공기에서 학습하여 서비스 정보를 생성 및 제공함으로써, 기지국의 과부하를 최소화하고 데이터를 실시간으로 처리할 수 있다.

[0157] 또한, 본 발명을 이용하면, 데이터에 차등 프라이버시를 적용하되, 차등 프라이버시의 적용 과정에서 노이즈를 재사용함으로써, 데이터 보안 및 프라이버시를 보호하고 기 설정된 프라이버시 예산의 사용을 최소화할 수 있다.

[0158] 또한, 본 발명을 이용하면, 차일드 체인에 기초하는 스마트 계약을 통해 데이터 보안성을 보다 향상시킬 수 있다.

[0160] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들면, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 장치, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

[0161] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

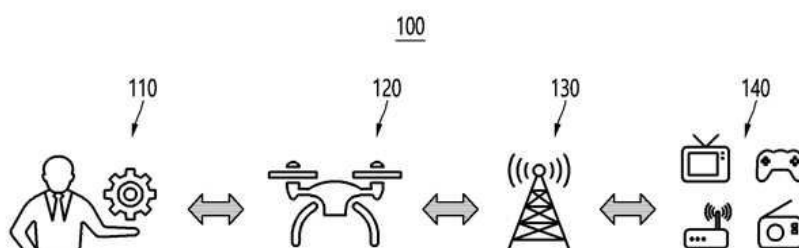
[0163] 100: 데이터 프로세싱 시스템 110: 서비스 제공자

120: 무인 항공기 130: 기지국

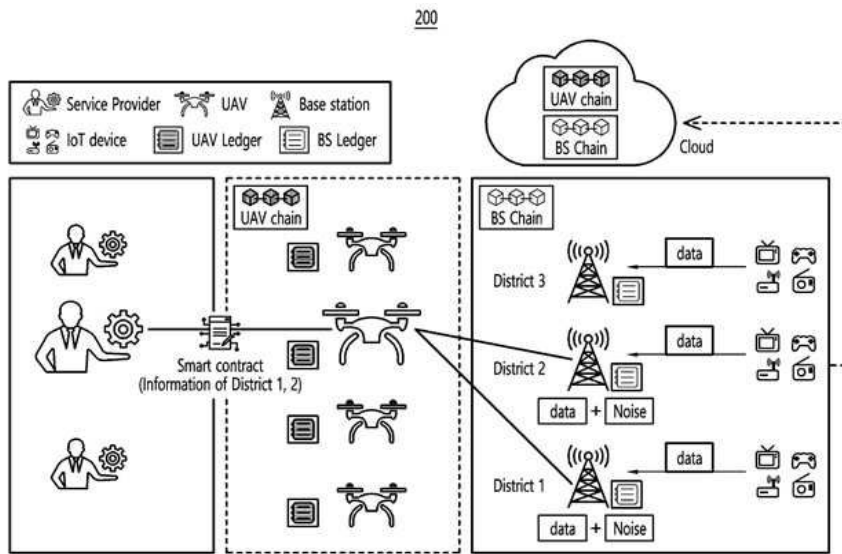
140: IoT 단말

도면

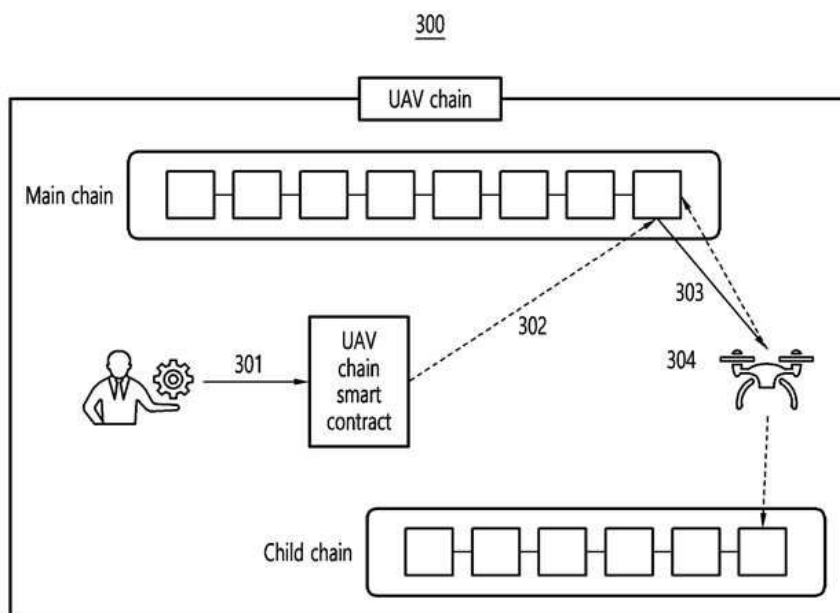
도면1



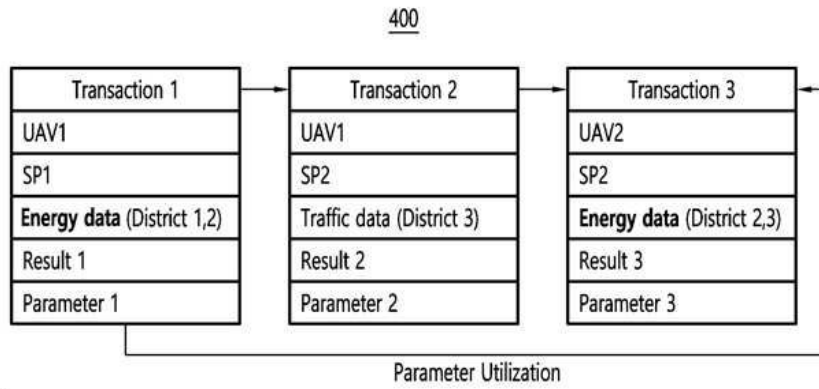
도면2



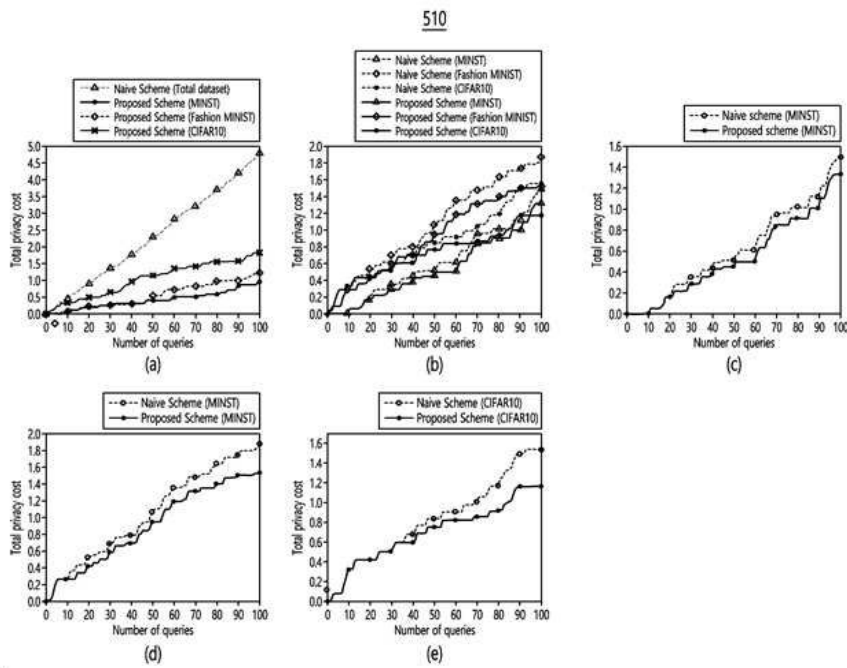
도면3



도면4

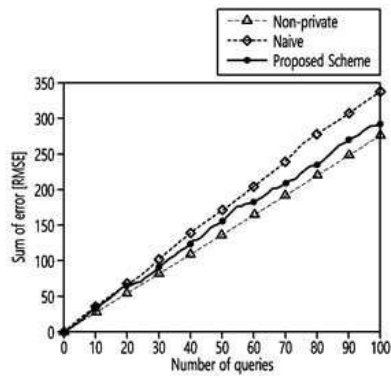


도면5a

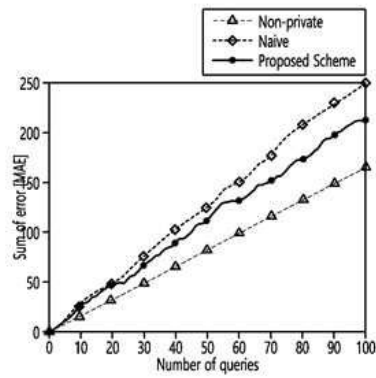


도면5b

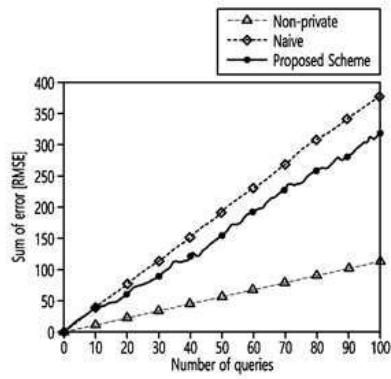
520



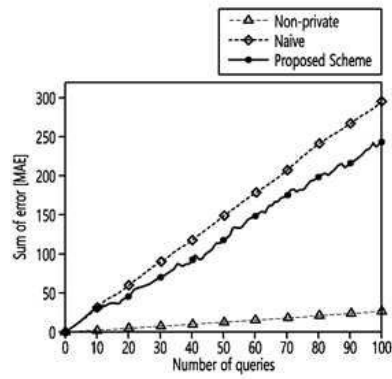
(a)



(b)



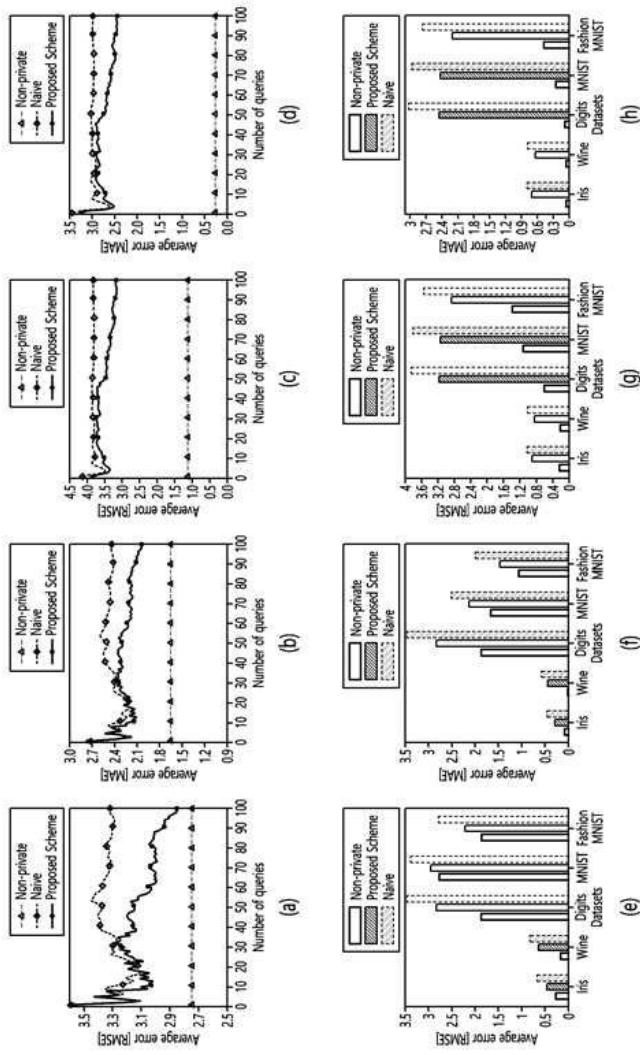
(c)



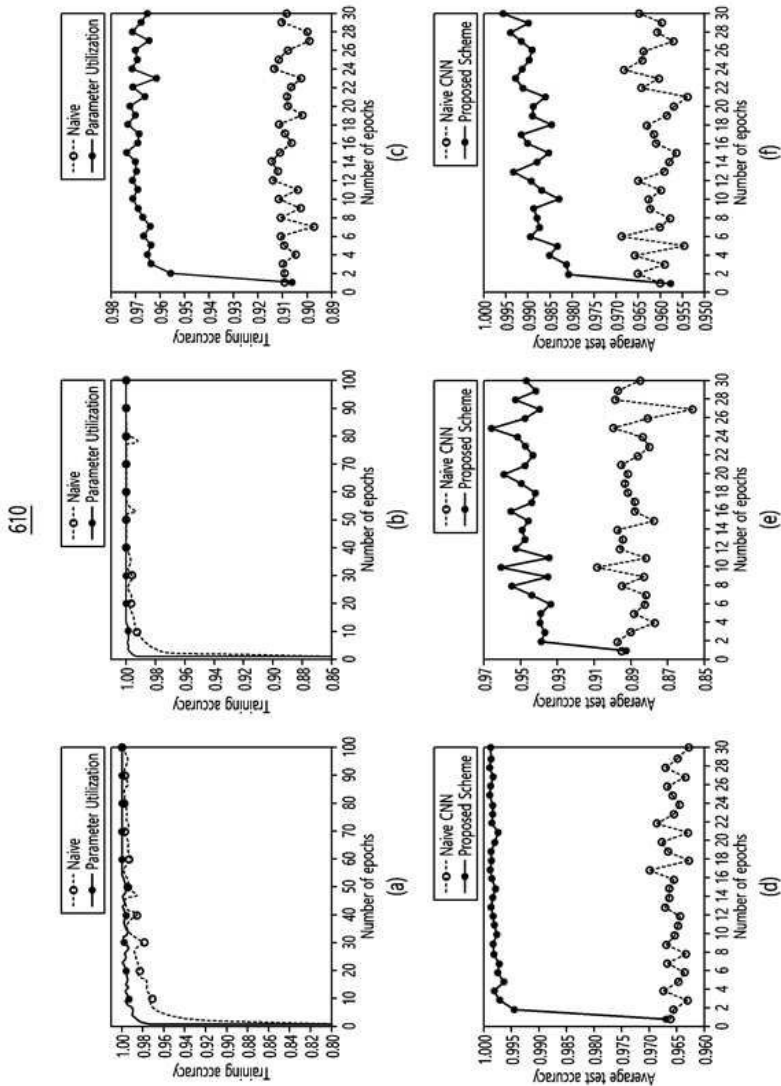
(d)

도면5c

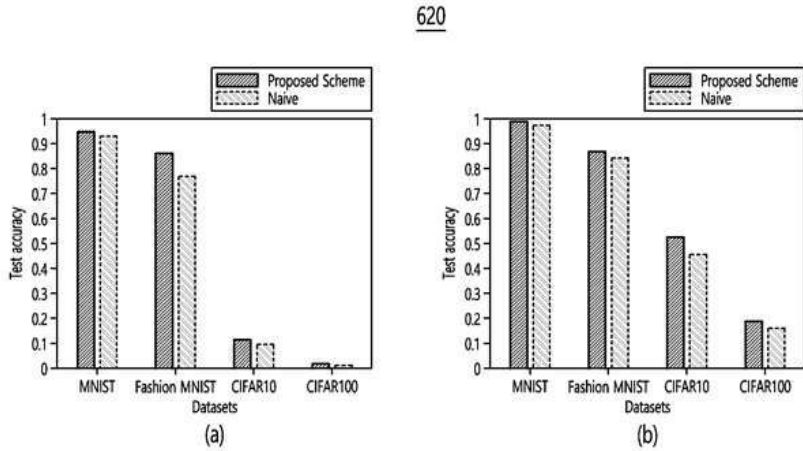
530



도면6a



도면6b



도면7



도면8

