(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0038410
(43) 공개일자 2025년03월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04L 45/12 (2022.01) *H04L 45/02* (2022.01)
H04L 45/48 (2022.01) *H04L 9/00* (2022.01)
H04L 9/06 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H04L 45/12 (2022.05)
H04L 45/02 (2022.05)
(21) 출원번호 10-2023-0121082
(22) 출원일자 2023년09월12일
심사청구일자 2023년09월12일

(71) 출원인
인천대학교 산학협력단
인천광역시 연수구 갯벌로 27, 인천대학교 이노베이션센터(송도동)
(72) 발명자
전광길
인천광역시 연수구 해송로 70, 209동 805호(송도동, 송도웰 카운티2단지)
(74) 대리인
특허법인충정

전체 청구항 수 : 총 11 항

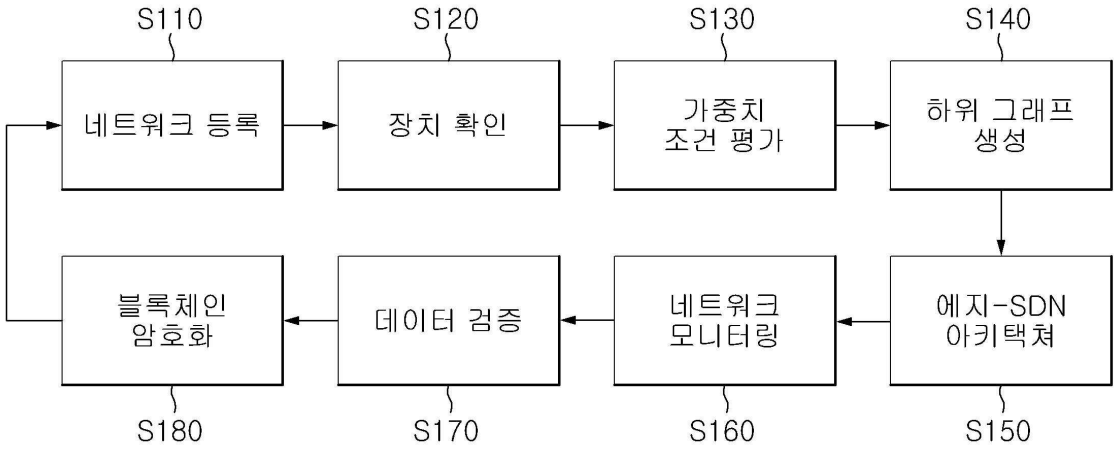
(54) 발명의 명칭 **에지 최적화 임베디드 시스템 제공 방법 및 장치**

(57) 요 약

본 발명은 에지 최적화 임베디드 시스템 제공 방법 및 장치에 관한 것으로, 네트워크 초기화 단계에서 각 노드나 장치가 가장 가까운 게이트 웨이에 등록되는 네트워크 등록 단계; 상기 등록된 각 노드나 장치가 확인되면, 에지 노드가 수신한 네트워크 정보를 토대로 가중치 조건(weighted cost)을 평가하고, 상기 가중치 조건을 활용하여

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



하위 그래프를 생성하는 하위 그래프 생성 단계; 및 네트워크의 보안을 강화하기 위하여, 상기 에지 노드가 상기 네트워크 정보를 SDN 컨트롤러에 제공하고, 상기 SDN 컨트롤러에서 블록체인 기술을 활용하여 네트워크를 모니터링하는 모니터링 단계;를 포함하고, 상기 하위 그래프 생성 단계에는, 응답 시간 및 지연 시간 성능을 개선하기 위하여 최적화된 스패닝 트리(spanning tree)를 생성하는 스패닝 트리 생성 단계; 및 게이트웨이가 상기 스패닝 트리 중에서 IoT 데이터를 라우팅하기 위한 최소의 경로인 최소 스패닝 트리(Minimum Spanning Tree, MST)를 선택하는 경로 선택 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

(52) CPC특허분류
H04L 45/48 (2022.05)
H04L 9/0643 (2013.01)
H04L 9/50 (2022.05)

명 세 서

청구범위

청구항 1

네트워크 초기화 단계에서 각 노드나 장치가 가장 가까운 게이트 웨이에 등록되는 네트워크 등록 단계;

상기 등록된 각 노드나 장치가 확인되면, 에지 노드가 수신한 네트워크 정보를 토대로 가중치 조건(weighted cost)을 평가하고, 상기 가중치 조건을 활용하여 하위 그래프를 생성하는 하위 그래프 생성 단계; 및

네트워크의 보안을 강화하기 위하여, 상기 에지 노드가 상기 네트워크 정보를 SDN 컨트롤러에 제공하고, 상기 SDN 컨트롤러에서 블록체인 기술을 활용하여 네트워크를 모니터링하는 모니터링 단계;를 포함하고,

상기 하위 그래프 생성 단계에는,

응답 시간 및 지연 시간 성능을 개선하기 위하여 최적화된 스패닝 트리(spanning tree)를 생성하는 스패닝 트리 생성 단계; 및

게이트웨이가 상기 스패닝 트리 중에서 IoT 데이터를 라우팅하기 위한 최소의 경로인 최소 스패닝 트리(Minimum Spanning Tree, MST)를 선택하는 경로 선택 단계;를 더 포함하는 에지 최적화 임베디드 시스템 제공 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 네트워크 모니터링 단계는,

네트워크 속성에 대한 정보가 SDN 컨트롤러에 등록되는 단계;

상기 에지 노드에서 수신한 데이터를 검증한 후, 상기 검증 데이터를 상기 SDN 컨트롤러로 전송하는 단계;

상기 에지 노드와 상기 SDN 컨트롤러가 통신하는 과정에서 성능이 만족스럽지 못한 경우, 상기 SDN 컨트롤러가 상기 에지 노드에 경고 메시지를 보내는 단계;

상기 경고 메시지를 보낸 상기 SDN 컨트롤러가 라우팅 프로세스를 재구성하는 단계; 및

상기 SDN 컨트롤러가 보안을 강화하기 위한 블록체인 기술을 활용하는 단계;를 더 포함하는, 에지 최적화 임베디드 시스템 제공 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 최소 스패닝 트리에서의 입력 값인 가중치 그래프 G(V, E)는 무방향(undirected graph) 그래프의 특성을 갖고, 상기 가중치의 누적 비용은

$$W(T) = \sum_{i}^{k} w_i\,(u, v)$$

에 기반하여 계산될 수 있으며,

여기서, u는 간선을, v는 정점을 나타내는, 에지 최적화 임베디드 시스템 제공 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 하위 그래프 또는 상기 최소 스패닝 트리를 식별하기 위해 Krushkal 알고리즘을 활용할 수 있고, 상기 Kruskal의 알고리즘은 그래프 또는 트리 내 모든 모서리를 가중치별로 정렬하고, 모서리를 추가해도 주기가 생성되지 않는 한 가중치의 오름차순으로 모서리를 추가하여 상기 최소 스패닝 트리를 점진적으로 구축할 수 있는, 에지 최적화 임베디드 시스템 제공 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 가중치 평가는

$$min(w_i) = 1/(e + lnl + l_t)$$

에 기반하여 계산될 수 있고,

여기서, w_i는 i번째 가중치, e는 에너지, lnl은 링크 손실(link lost), l_t는 지연 시간(latency time)을 나타내는, 에지 최적화 임베디드 시스템 제공 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 에너지 e는, 데이터 패킷의 송수신 시 소모되는 전력을 기준으로

$$K * (Pr + Pt)/N$$

에 기반하여 계산될 수 있고,

여기서, Pr은 수신 전력, Pt는 전송 전력, K는 데이터 패킷 수, N은 노드를 나타내는, 에지 최적화 임베디드 시스템 제공 방법.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 링크 손실은 링크 간섭에 의해 발생할 수 있는데,

$$lnl = DL + EC$$

에 기반하여 계산될 수 있고,

여기서, DL은 데이터 손실(data lost), EC는 오류 계산(error computation)을 나타내는, 에지 최적화 임베디드 시스템 제공 방법.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 지연 시간은

$$l_t = m * RTT$$

에 기반하여 계산될 수 있고,

여기서, m은 입력되는 비콘 메시지를, RTT(round-trip time)는 왕복시간을 나타내는, 에지 최적화 임베디드 시스템 제공 방법.

청구항 9

제2항에 있어서,

상기 블록체인 기술을 활용하는 단계에서는,

상기 SDN 컨트롤러는 인접 노드 ID를 테이블 내부에 저장할 수 있고, 노드의 요청을 받으면 해당 테이블을 사용하여 노드의 ID를 확인할 수 있으며,

상기 SDN 컨트롤러에서 노드의 ID가 인증된 경우, 마스터 키 MK로 디지털 서명된 ni 노드에 대해 비밀 키 s_k를

생성할 수 있는 것을 특징으로 하는, 에지 최적화 임베디드 시스템 제공 방법.

청구항 10

제2항에 있어서,

상기 블록체인 기술을 활용하는 단계에서는,

상기 블록체인은 해시값을 체인 형태로 조합한 것으로, 다양한 데이터 블록으로 구성되고, 상기 각 블록은 인증을 보장하기 위해 디지털 서명으로 별도로 암호화될 수 있으며, 상기 각 블록의 암호화는 xor 연산을 사용하여 일회용 패드와 데이터 비트 키로 형성된 것을 특징으로 하는, 에지 최적화 임베디드 시스템 제공 방법.

청구항 11

네트워크 초기화 단계에서 각 노드나 장치가 가장 가까운 게이트 웨이에 등록되는 네트워크 등록부;

상기 등록된 각 노드나 장치가 확인되면, 에지 노드가 수신한 네트워크 정보를 토대로 가중치 조건(weighted cost)을 평가하고, 상기 가중치 조건을 활용하여 하위 그래프를 생성하는 하위 그래프 생성부; 및

네트워크의 보안을 강화하기 위하여, 상기 에지 노드가 상기 네트워크 정보를 SDN 컨트롤러에 제공하고, 상기 SDN 컨트롤러에서 블록체인 기술을 활용하여 네트워크를 모니터링하는 모니터링부;를 포함하고,

상기 하위 그래프 생성부는,

응답 시간 및 지연 시간 성능을 개선하기 위하여 최적화된 스패닝 트리(spanning tree)를 생성하는 스패닝 트리 생성부; 및

게이트웨이가 상기 스패닝 트리 중에서 IoT 데이터를 라우팅하기 위한 최소의 경로인 최소 스패닝 트리(Minimum Spanning Tree, MST)를 선택하는 경로 선택부;를 더 포함하는 에지 최적화 임베디드 시스템 제공 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 사물인터넷 무선 센서 네트워크의 데이터 전송 과정에서 에너지 효율성을 높이기 위해 그래프 이론을 적용한 에지 최적화 임베디드 시스템을 제공하기 위한 방법 및 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 새로운 네트워킹 환경으로 인해 사용자와 애플리케이션의 수가 기하급수적으로 증가하고 있다. 사용자 수가 증가함에 따라 기지국을 경유하는 데이터의 트래픽도 증가한다. 5G에서 D2D(Device-to-Device) 통신은 셀룰러 사용자의 서비스 손실 가능성을 줄이는 가장 좋은 방법 중 하나이다. 특히 IoT 기술은 스마트 시스템 개발에서 중요한 역할을 한다. IoT 시스템을 사용하면 에너지 효율성, 견고성, 확장성, 상호 운용성 및 보안 문제와 같은 일반적인 시스템 수준 설계 문제를 해결할 수 있다. 다만 기존의 보안 조치를 보완하기 위해 IoT의 무선 통신에는 높은 수준의 물리적 보안이 필수적이다.

[0003] 한편, IoT 네트워크는 무선 시스템과 상호 연결되며 멀티홉 통신을 사용하여 다른 장치와 협력할 수 있다. 멀티홉 통신은 서로 직접 연결되지 않고 중간 노드를 통해 데이터를 중계하는 장치나 노드 사이에서 데이터를 전송하는 프로세스를 의미하는데, 멀티홉 통신에서 데이터는 일련의 중간 노드, 즉 '홉'을 통해 목적지에 도달할 수 있다. 이는 서로의 통신 범위 내에 있는 장치 간에 데이터가 직접 전송되는 단일 홉 통신과 대조된다.

[0004] 대기 시간 감소, 보안 강화 및 개인 정보 보호를 강화하기 위해 에지 컴퓨팅을 사용할 수 있다. 에지 컴퓨팅이란 모든 데이터를 중앙화된 클라우드나 데이터센터로 보내 처리하는 것이 아니라, 데이터 소스에 가까운 곳에서 데이터 처리와 분석을 수행하는 분산 컴퓨팅 패러다임을 말한다. 처리를 위해 대량의 데이터를 중앙 집중식 서버로 보내는 대신, 에지 컴퓨팅을 사용하면 지역화된 처리가 가능해 응답 시간이 빨라지고 네트워크 리소스 활용도가 향상된다. 구체적으로 에지 장치(edge equipment)는 에지 컴퓨팅을 제공하는 기기로 에지 노드(edge node, 에지 서버라고도 한다)와 에지 디바이스(edge device)로 구분한다. 에지 노드(edge node)는 데이터 발생 지점 부근에 위치하여 부분적으로 서버의 역할을 수행하는 네트워크 장비로 게이트웨이(gateway), 라우터(router), 마이크로 데이터 센터(micro data center) 등이 있다. 에지 디바이스(edge device)는 데이터를 발생하는 기기로 데이터를 생성 또는 수집하는 사물 인터넷(IoT) 센서부터 비디오/감시 카메라, 인터넷에 연결된 가

전 기기, 스마트폰과 같은 스마트 기기 등을 포함한다.

[0005] 지능형 에지 컴퓨팅(intelligent edge computing)은 에지 디바이스에서 발생한 데이터를 에지 디바이스 또는 에지 노드에서 인공지능 기술을 활용하여 실시간 분석과 처리 뿐 아니라 상황 인지, 추론, 예측, 대응 및 제어 등의 기능을 제공한다. 또한 에지 장치의 자원을 관리하면서 에지 컴퓨팅에서의 최적의 컴퓨팅 오프로딩(offloading)을 제공한다. 그러나 클라우드 데이터 센터에서 데이터 처리를 위해 에지 노드로 오프로딩할 수 있지만, 에지 디바이스, 에지 서버 및 클라우드 데이터 센터 간의 복잡한 관계로 인해 해결할 문제점이 발생할 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) KR 10-2015-0126293 B1

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명은 그래프 이론을 사용하여 에너지 효율을 높이는 에지 최적화 임베디드 시스템을 제시할 수 있다.

[0008] IoT 플랫폼을 보호하기 위한 다양한 솔루션은 통신 링크를 통해 더 많은 메시지가 전달되어 플랫폼의 지속 가능성에 부정적인 영향을 미친다는 문제점이 있는데, 에지 네트워크는 IoT 장치에 대한 오버헤드를 줄이면서 모바일 싱크에 적시에 데이터를 전달할 수 있다.

[0009] 본 발명은 임베디드 시스템의 응답시간과 지연시간 성능을 향상시키기 위해 인공지능 기법을 활용하여 최소 스패닝 트리를 추출할 수 있는데, 2계층 시스템을 통해 추출된 경로를 이용하면 익명 액세스로부터 완벽하게 보호하는 것도 가능하다. 본 발명은 최소 스패닝 트리를 추출하는 지능형 방법을 제안하여, 실시간 매개변수를 사용하여 비용 함수를 최적화되며 그에 따라 종단 간 경로가 식별될 수 있다. 즉, IoT 시스템에서 에지 장치로, 에지 장치에서 모바일 싱크로의 두 가지 주요 진입 지점에서 보안을 제공할 수 있다. 이러한 계층은 네트워크 위협으로부터 보호하고 노드의 안정성을 높일 수 있다.

[0010] 더 나아가 재전송이 발생하고 네트워크 정체가 발생하는 것을 해결하기 위하여 에지 컴퓨팅과 SDN 컨트롤러를 통합할 수 있고, 블록체인 기술을 활용한 보안기술을 제공할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0011] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 의한 에지 최적화 임베디드 시스템 제공 방법은, 네트워크 초기화 단계에서 각 노드나 장치가 가장 가까운 게이트 웨이에 등록되는 네트워크 등록 단계; 상기 등록된 각 노드나 장치가 확인되면, 에지 노드가 수신한 네트워크 정보를 토대로 가중치 조건(weighted cost)을 평가하고, 상기 가중치 조건을 활용하여 하위 그래프를 생성하는 하위 그래프 생성 단계; 및 네트워크의 보안을 강화하기 위하여, 상기 에지 노드가 상기 네트워크 정보를 SDN 컨트롤러에 제공하고, 상기 SDN 컨트롤러에서 블록체인 기술을 활용하여 네트워크를 모니터링하는 모니터링 단계;를 포함하고, 상기 하위 그래프 생성 단계에는, 응답 시간 및 지연 시간 성능을 개선하기 위하여 최적화된 스패닝 트리(spanning tree)를 생성하는 스패닝 트리 생성 단계; 및 게이트웨이가 상기 스패닝 트리 중에서 IoT 데이터를 라우팅하기 위한 최소의 경로인 최소 스패닝 트리(Minimum Spanning Tree, MST)를 선택하는 경로 선택 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에 의한 에지 최적화 임베디드 시스템 제공 방법은, 상기 네트워크 모니터링 단계는, 네트워크 속성에 대한 정보가 SDN 컨트롤러에 등록되는 단계; 에지 노드에서 수신한 데이터를 검증한 후, 상기 검증 데이터를 상기 SDN 컨트롤러로 전송하는 단계; 상기 에지 노드와 상기 SDN 컨트롤러가 통신하는 과정에서 성능이 만족스럽지 못한 경우, 상기 SDN 컨트롤러가 상기 에지 노드에 경고 메시지를 보내는 단계; 상기 경고 메시지를 보낸 상기 SDN 컨트롤러가 라우팅 프로세스를 재구성하는 단계; 및 상기 SDN 컨트롤러가 보안을 강화하기 위한 블록체인 기술을 활용하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0013] 본 발명의 일 실시예에 의한 에지 최적화 임베디드 시스템 제공 방법은, 상기 최소 스패닝 트리에서의 입력 값

인 가중치 그래프 G(V, E)는 무방향(undirected graph) 그래프의 특성을 갖고, 상기 가중치의 누적 비용은

[0014] $$W(T) = \sum_i^k w_i\,(u,v)$$

[0015] 에 기반하여 계산될 수 있으며,

[0016] 여기서, u는 간선을, v는 정점을 나타낼 수 있다.

[0017] 본 발명의 일 실시예에 의한 에지 최적화 임베디드 시스템 제공 방법은, 상기 하위 그래프 또는 상기 최소 스패닝 트리를 식별하기 위해 Krushkal 알고리즘을 활용할 수 있고, 상기 Kruskal의 알고리즘은 그래프 또는 트리 내 모든 모서리를 가중치별로 정렬하고, 모서리를 추가해도 주기가 생성되지 않는 한 가중치의 오름차순으로 모서리를 추가하여 상기 최소 스패닝 트리를 점진적으로 구축할 수 있다.

[0018] 본 발명의 일 실시예에 의한 에지 최적화 임베디드 시스템 제공 방법은, 상기 가중치 평가는

[0019] $$min(w_i) = 1/(e + lnl + l_t)$$

[0020] 에 기반하여 계산될 수 있고, 여기서, w_i는 i번째 가중치, e는 에너지, lnl은 링크 손실(link lost), l_t는 지연 시간(latency time)을 나타낼 수 있다.

[0021] 본 발명의 일 실시예에 의한 에지 최적화 임베디드 시스템 제공 방법은, 상기 에너지 e는, 데이터 패킷의 송수신 시 소모되는 전력을 기준으로

[0022] $$K*(Pr + Pt)/N$$

[0023] 에 기반하여 계산될 수 있고, 여기서, Pr은 수신 전력, Pt는 전송 전력, K는 데이터 패킷 수, N은 노드를 나타낼 수 있다.

[0024] 본 발명의 일 실시예에 의한 에지 최적화 임베디드 시스템 제공 방법은, 상기 링크 손실은 링크 간섭에 의해 발생할 수 있는데,

[0025] $lnl = DL + EC$ 에 기반하여 계산될 수 있고, 여기서, DL은 데이터 손실(data lost), EC는 오류 계산(error computation)을 나타낼 수 있다.

[0026] 본 발명의 일 실시예에 의한 에지 최적화 임베디드 시스템 제공 방법은, 상기 지연 시간은

[0027] $l_t = m * RTT$ 에 기반하여 계산될 수 있고, 여기서, m은 입력되는 비콘 메시지를, RTT(round-trip time)는 왕복시간을 나타낼 수 있다.

[0028] 본 발명의 일 실시예에 의한 에지 최적화 임베디드 시스템 제공 방법은, 상기 블록체인 기술을 활용하는 단계에서는, 상기 SDN 컨트롤러는 인접 노드 ID를 테이블 내부에 저장할 수 있고, 노드의 요청을 받으면 해당 테이블을 사용하여 노드의 ID를 확인할 수 있으며, 상기 SDN 컨트롤러에서 노드의 ID가 인증된 경우, 마스터 키 MK로 디지털 서명된 ni 노드에 대해 비밀 키 s_k를 생성할 수 있다.

[0029] 본 발명의 일 실시예에 의한 에지 최적화 임베디드 시스템 제공 방법은, 상기 블록체인 기술을 활용하는 단계에서는, 상기 블록체인은 해시값을 체인 형태로 조합한 것으로, 다양한 데이터 블록으로 구성되고, 상기 각 블록은 인증을 보장하기 위해 디지털 서명으로 별도로 암호화될 수 있으며, 상기 각 블록의 암호화는 xor 연산을 사용하여 일회용 패드와 데이터 비트 키로 형성될 수 있다.

[0030] 본 발명의 일 실시예에 의한 에지 최적화 임베디드 시스템 제공 장치는, 네트워크 초기화 단계에서 각 노드나 장치가 가장 가까운 게이트 웨이에 등록되는 네트워크 등록부; 상기 등록된 각 노드나 장치가 확인되면, 에지 노드가 수신한 네트워크 정보를 토대로 가중치 조건(weighted cost)을 평가하고, 상기 가중치 조건을 활용하여 하위 그래프를 생성하는 하위 그래프 생성부; 및 네트워크의 보안을 강화하기 위하여, 상기 에지 노드가 상기 네트워크 정보를 SDN 컨트롤러에 제공하고, 상기 SDN 컨트롤러에서 블록체인 기술을 활용하여 네트워크를 모니터링하는 모니터링부;를 포함하고, 상기 하위 그래프 생성부는, 응답 시간 및 지연 시간 성능을 개선하기 위하여 최적화된 스패닝 트리(spanning tree)를 생성하는 스패닝 트리 생성부; 및 게이트웨이가 상기 스패닝 트리

중에서 IoT 데이터를 라우팅하기 위한 최소의 경로인 최소 스패닝 트리(Minimum Spanning Tree, MST)를 선택하는 경로 선택부;를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0031] 본 발명에서는, 제약 노드에 대한 가벼운 오버헤드로 네트워크 수명을 늘리기 위해 그래프 이론을 사용하는 에너지 효율적인 에지 최적화 시스템을 제안할 수 있다.

[0032] 본 발명에서는, 그래프 이론을 사용하여 링크 손실 및 대기 시간 요소를 기반으로 최적화된 하위 그래프를 탐색할 수 있다.

[0033] 본 발명에서는, 에지 디바이스와 SDN 컨트롤러의 인텔리전스를 활용한 보안 전략을 제공할 수 있다. 2계층 보안은 기밀 통신을 지원할 뿐만 아니라 네트워크 등록 단계의 보안 위험도 제거할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 에지 최적화 임베디드 시스템 제공 방법의 흐름도

도 2는 그래프 이론을 적용하여 서브그래프를 최적화하기 위한 흐름도

도 3은 블록체인을 이용한 SDN 기반 보안 시스템의 흐름도

도 4(a)는 다양한 데이터 크기에 따른 네트워크 처리량(throughput)

도 4(b)는 다양한 센서 수에 따른 네트워크 처리량(throughput)

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 에지 최적화 임베디드 시스템 제공 장치

도 6(a)은 다양한 데이터 크기에 따른 전파 지연

도 6(b)은 다양한 센서 수에 따른 전파 지연

도 7(a)은 다양한 데이터 크기에 따른 패킷 손실률

도 7(b)은 다양한 센서 수에 따른 패킷 손실률

도 8(a)은 다양한 데이터 크기에 따른 노드 오버헤드

도 8(b)은 다양한 센서 수에 따른 노드 오버헤드

도 9은 본 발명의 일 실시예에 의한 에지 최적화 임베디드 시스템 제공 장치

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0035] 본 발명의 목적, 특정한 장점들 및 신규한 특징들은 첨부된 도면들과 연관되어지는 이하의 상세한 설명과 바람직한 실시예들로부터 더욱 명백해질 것이다. 이때, 각각의 도면에서 동일한 구성요소는 가능한 동일한 부호로 나타낸다. 또한, 이미 공지된 기능 및/또는 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다.

[0036] 이하에 개시된 내용은, 다양한 실시 예에 따른 동작을 이해하는데 필요한 부분을 중점적으로 설명하며, 그 설명의 요지를 흐릴 수 있는 요소들에 대한 설명은 생략한다. 또한 도면의 일부 구성요소는 과장되거나 생략되거나 또는 개략적으로 도시될 수 있다. 각 구성요소의 크기는 실제 크기를 전적으로 반영하는 것이 아니며, 따라서 각각의 도면에 그려진 구성요소들의 상대적인 크기나 간격에 의해 여기에 기재되는 내용들이 제한되는 것은 아니다.

[0037] 본 발명의 실시예들을 설명함에 있어서, 본 발명과 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 그리고, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다. 상세한 설명에서 사용되는 용어는 단지 본 발명의 실시 예들을 기술하기 위한 것이며, 결코 제한적이어서는 안 된다. 명확하게 달리 사용되지 않는 한, 단수 형태의 표현은 복수 형태의 의미를 포함한다. 본 설명에서, "포함" 또는 "구비"와 같은 표현은 어떤 특성들, 숫자들, 단계들, 동작들, 요소들, 이들의 일부 또는 조합을 가리키기 위한 것이며, 기술된 것 이외에 하나 또는 그 이상의 다른 특성, 숫자, 단계, 동작, 요소, 이들의 일부 또는 조합의 존재 또는 가능

성을 배제하도록 해석되어서는 안 된다.

[0038] 또한, 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되는 것은 아니며, 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[0040] 이하에서는, 첨부된 도면들을 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 의한 에지 최적화 임베디드 시스템 제공 방법 및 장치에 대해 설명하기로 한다.

[0041] 본 발명의 에지 최적화 임베디드 시스템 제공 흐름도는 도 1에 나와 있다.

[0042] 본 발명의 일 실시예에 의한 에지 최적화 임베디드 시스템 제공 방법에는 다음과 같은 주요 단계가 있다. 네트워크 초기화 단계에서 각 노드나 장치가 가장 가까운 게이트 웨이에 등록되는 네트워크 등록 단계(단계 S110); 상기 등록된 각 노드나 장치가 확인(단계 S120)되면, 상기 에지 노드가 수신한 네트워크 정보를 토대로 가중치 조건(weighted cost)을 평가(단계 S130)하고, 상기 가중치 조건을 활용하여 하위 그래프를 생성(단계 S140)하는 하위 그래프 생성 단계; 및 네트워크의 보안을 강화하기 위하여, 상기 에지 노드가 상기 네트워크 정보를 SDN 컨트롤러에 제공하고, 상기 SDN 컨트롤러에서 블록체인 기술을 활용하여 네트워크를 모니터링하는 모니터링 단계(단계 S160);를 포함하고, 상기 하위 그래프 생성 단계에는, 응답 시간 및 지연 시간 성능을 개선하기 위하여 최적화된 스패닝 트리(spanning tree)를 생성하는 스패닝 트리 생성 단계(단계 S142); 및 게이트웨이가 상기 스패닝 트리 중에서 IoT 데이터를 라우팅하기 위한 최소의 경로인 최소 스패닝 트리(Minimum Spanning Tree, MST)를 선택하는 경로 선택 단계(단계 S144);를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0044] 한편, 도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 의한, 에지 최적화 임베디드 시스템 제공 장치에는, 에지 최적화 임베디드 시스템이 수행될 수 있는 장치(500), 프로세서(502), 메모리(504), 입출력 인터페이스(506), 네트워크 통신 인터페이스(508)를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0045] 그리고, 센서 노드, 소스 노드, 싱크 노드, 에지 노드, 게이트웨이 및 SDN 컨트롤러를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0046] 센서 노드는 물리적 환경에서 데이터를 수집하도록 설계된 센서를 갖춘 소형의 특수 장치를 의미하고, 이러한 센서 노드는 일반적으로 무선 센서 네트워크(WSN) 또는 사물 인터넷(IoT) 전개(deployment)의 일부이며 실제 데이터를 캡처하여 네트워크 내의 다른 노드 또는 중앙 시스템으로 전송하는 데 중요한 역할을 한다.

[0047] 센서 노드는 특정 그룹에 속하며 각 그룹에는 고유한 ID가 부여될 수 있다.

[0048] 소스 노드는 일반적으로 네트워크를 통해 다른 노드로 전송되는 데이터, 트래픽 또는 정보를 생성하거나 생산하는 네트워크 내의 노드를 의미한다.

[0049] 싱크 노드는 데이터 수집기, 프로세서 및 수집기 역할을 하는 네트워크의 중앙 또는 전략적으로 위치하는 노드이다. 네트워크 내의 다양한 소스에서 수집된 데이터를 효율적으로 관리하고 추가 분석, 저장 또는 의사 결정을 위해 필요에 따라 처리 및 전송되도록 하는 역할을 수행한다.

[0050] 싱크 노드는 나가는 에지나 연결이 없는 네트워크 그래프 내의 노드로 다른 노드로부터 정보나 연결을 받기만 하고 다른 노드로 전달하지 않는다. 싱크 노드는 일반적으로 네트워크 내 일부 프로세스의 끝점 또는 최종 대상과 연결된다. 네트워크에서 싱크 노드는 리소스가 소비되거나 시스템을 떠나는 지점을 나타낼 수 있다.

[0051] 싱크 노드와 에지 노드는 모두 네트워크 이론이나 그래프 이론의 맥락에서 사용되는 용어이지만, 네트워크 그래프 내에서는 서로 다른 개념을 나타낼 수 있다.

[0052] 에지 노드는 경계 노드라고도 알려져 있는 노드로 네트워크의 가장자리에 상주하고 데이터 발생 지점 부근에 위치하여 부분적으로 서버의 역할을 수행하는 네트워크 장비로 게이트웨이(gateway), 라우터(router), 마이크로 데이터 센터(micro data center) 등이 있다.

[0053] 에지 노드는 내부 네트워크와 외부 네트워크 간의 데이터 라우팅, 필터링, 변환과 같은 작업을 수행할 수 있고, 로컬 네트워크를 인터넷과 같은 더 넓은 네트워크에 연결하는 데 중요한 역할을 한다.

[0054] 에지 노드는 로컬 의사결정(local decision)을 내릴 수 있는데, 로컬 의사결정이란 네트워크 내의 특정 노드나

장치에서 발생하는 의사결정 프로세스를 의미하고, 이 결정은 네트워크의 다른 노드를 반드시 참여시키거나 협의하지 않고 해당 노드에서 사용할 수 있는 정보를 기반으로 이루어지며, 로컬 결정은 종종 실시간으로 이루어지기 때문에 일반적으로 전체 네트워크의 관점을 고려하기보다는 개별 노드 또는 노드 하위 집합의 성능, 효율성 또는 동작을 최적화하는 데 중점을 둘 수 있다.

[0055] 에지 노드는 특정 그룹에 속하며 각 그룹에는 고유한 ID가 부여될 수 있다.

[0056] 게이트 웨이는 로컬 네트워크(예: WSN 또는 IoT 네트워크)와 인터넷과 같은 외부 네트워크 사이의 브리지 역할을 할 수 있고, 로컬 네트워크 내의 장치와 원격 서버 또는 서비스 간의 통신을 용이하게 한다.

[0057] 게이트웨이는 서로 다른 네트워크 간의 데이터에 대한 진입점 또는 종료점 역할을 하는 장치 또는 소프트웨어 애플리케이션을 의미할 수 있으며, 다른 기술이나 프로토콜을 사용하여 작동하는 경우에도 이기종 네트워크가 효과적으로 통신할 수 있도록 하는 데 중요한 역할을 하여 호환되지 않는 네트워크 간에 데이터가 흐르는 데 필요한 브리지를 제공하여 효율적이고 원활한 통신을 보장할 수 있다.

[0058] 모바일 게이트웨이에서 각 노드는 정적(static)일 수 있다.

[0059] 게이트웨이는 데이터 집계를 수행하고 인접 테이블을 유지 관리할 수 있고, 테이블은 정적이지 않으며 이벤트가 발생할 때 정보를 자주 변경할 수 있다.

[0060] 에지 노드는 서로 상호 연결되어 라우팅 체인을 구성할 수 있다.

[0061] 에지 노드는 네트워크 구조 중 필요한 정보를 SDN 컨트롤러에 제공할 수 있다.

[0062] SDN 컨트롤러는 중앙 집중식 제어, 네트워크 프로그래밍 가능성, 네트워크 운영을 실시간으로 조정하고 최적화하는 기능을 제공하는 SDN의 중요한 구성 요소이고, 이는 네트워크 관리를 단순화하고 보안을 강화할 수 있다.

[0063] SDN 컨트롤러는 라우터와 같은 네트워크 장치를 구성, 관리 및 모니터링하기 위한 단일 제어 지점을 제공할 수 있고, 네트워크 장치의 흐름 규칙을 구성하여 네트워크의 트래픽 흐름을 동적으로 조정할 수 있으며, 네트워크 원격 측정 데이터를 수집하고 분석을 제공하여 네트워크 성능을 모니터링하고 문제를 해결하며 네트워크 최적화를 위한 현명한 결정을 내릴 수 있다.

[0064] SDN 컨트롤러 모니터링을 이용하여 네트워크 트래픽 부하를 분산시킬 수 있고, SDN 컨트롤러는 네트워크에 대한 모든 정보를 가지고 있어 라우팅 경로를 형성하기 위한 노드와 링크에 대한 추가 오버헤드를 효율적으로 줄일 수 있다.

[0065] SDN 컨트롤러는 모든 메트릭 결과(metric results)를 전송받을 수 있고, 이로써 개별 경로의 기록을 생성할 수 있는데, 여기서, 메트릭 결과란 일반적으로 특정 메트릭 또는 성능 매개변수를 측정하여 얻은 결과 값을 나타내고, 네트워크나 해당 구성 요소의 상태, 효율성, 신뢰성 및 전반적인 성능을 평가하는 데 사용되는 정량적 측정을 의미한다.

[0066] 개별 경로의 기록 생성은 네트워크 관리자는 더 나은 성능을 위해 라우팅 경로를 최적화할 수 있고, 네트워크 문제 해결 및 보안 분석 등의 기능을 수행하기 위한 목적이다.

[0067] SDN 컨트롤러는 계산된 메트릭 값이 사전에 설정한 특정 임계값으로 감소할 때마다 에지 노드의 도움을 받아 새로운 경로를 재구성하여 보낼 수 있다.

[0068] SDN 컨트롤러의 인텔리전스를 탐색할 수 있는데, 여기서, 네트워크의 인텔리전스는 기본 통신 및 데이터 전송 이상의 고급 기능을 나타내는 네트워크 또는 해당 구성 요소의 능력을 의미할 수 있고, 여기에는 종종 네트워크 성능 최적화, 보안 강화 및 사용자 경험 개선을 목표로 데이터와 정보를 기반으로 처리, 분석 및 의사결정을 내리는 능력이 포함될 수 있다.

[0069] 노드 사이의 거리를 결정할 수 있는 RSSI(received signal strength indicator)를 더 포함할 수 있다.

[0071] 이하에서는, 첨부된 도면들을 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 의한 에지 최적화 임베디드 시스템 제공 방법에 대해 설명하기로 한다.

[0072] 본 발명의 에지 최적화 임베디드 시스템 제공 방법의 흐름도는 도 1에 나와 있다.

[0073] 도 1을 참조하면, 단계 S110에서는, 네트워크 초기화 단계에서 각 노드나 장치가 가까운 게이트 웨이에 등록된

다.

[0074] 본 발명의 일 실시예로, 각 노드나 장치의 네트워크 속성(attributes)이 등록될 수 있고, 각 센서 노드에서 감지한 데이터나 각 노드 및 장치의 네트워크 속성을 전송해야 할 때마다 수학식 1에서 정의된 것과 같이 n가지 사용 가능한 경로를 따를 수 있다.

[0075] 여기서, 네트워크 속성이란 네트워크 구성 요소, 노드, 링크 또는 엔터티와 관련된 특성이나 속성을 의미할 수 있다.

수학식 1

[0076] $$R_i = r1, r2, r3, \ldots . rn;$$

[0077] 본 발명에서, 전송되는 네트워크 속성에는 모든 노드에 대한 정보를 포함하고, 모든 노드가 서로 연결되어 있어야 함을 조건으로 할 수 있다.

[0078] 도 1을 참조하면, 등록된 각 노드나 장치가 확인(단계 S120)되면, 수신한 네트워크 정보를 토대로 가중치 조건(weighted cost)을 평가(단계 S130)하고, 상기 가중치 조건을 활용하여 하위 그래프를 생성(단계 S140)할 수 있다.

[0079] 구체적으로는, 상기 하위 그래프 생성(단계 S120)단계에서는 응답 시간 및 지연 시간 성능을 개선하기 위하여 최적화된 스패닝 트리(spanning tree)를 생성(단계 S142)하고, 게이트웨이가 상기 스패닝 트리 중에서 IoT 데이터를 라우팅하기 위한 최소의 경로인 최소 스패닝 트리(minimum spanning tree, MST)를 선택(단계 S144)한다.

[0080] 여기서, 최소 스패닝 트리(MST)는 그래프 이론과 네트워크 최적화의 개념 중 하나로 순환을 형성하지 않고 모든 꼭지점을 함께 연결하고 가능한 최소 간선 가중치 합을 갖는 방향이 지정되지 않은 연결된 그래프의 간선 부분 집합을 나타낸다.

[0081] 그래프의 최소 스패닝 트리(MST)는 최소 비용으로 모든 정점을 연결하는 트리로써, 각 노드는 circuit 또는 cycle이 존재하지 않음으로써 트리의 속성을 만족시킬 수 있다.

[0082] 최소 신장 트리(MST)의 input인 가중치 그래프 G(V, E)는 무방향(undirected graph) 그래프의 특성을 갖고, 가중치 그래프 G는 정점 집합인 V, 간선 집합인 E, 간선의 가중치w로 구성될 수 있다.

[0083] 가중치는 누적 비용을 의미할 수 있는데, 이는 경로상 존재하는 간선의 가중치의 총 합을 의미할 수 있다.

[0084] 수학식 2를 참조하면, 누적 비용인 W(T)은 하위 루트의 조합으로 계산할 수 있다.

수학식 2

[0085] $$W(T) = \sum_i^k w_i\ (u, v)$$

[0086] 여기서, u와 v는 가장자리의 가중치를 기반으로 최소 스패닝 트리의 구성을 제어하는 데 사용되는 임계값 또는 매개변수를 나타낼 수 있는데, 구체적으로는, u는 간선을, v는 정점을 나타낼 수 있다.

[0087] 각 에지 노드는 각 가중치를 가질 수 있다.

[0088] 식별된 모든 최소 신장 트리(minimum spanning tree, MST)는 그룹으로 간주될 수 있다.

[0089] 수학식 3을 참조하면, 그래프 G로부터 최소 스패닝 트리(MST)를 식별할 수 있는데, 각 최소 스패닝 트리는 그래프 G의 하위 집합이라고 할 수 있다.

수학식 3

[0090] $$S1,\ S2\ \varepsilon\ G(N,\ E)$$

[0091] 하위 그래프 또는 최소 스패닝 트리를 식별하기 위해 Krushkal 알고리즘을 활용할 수 있다.

[0092] 여기서, Kruskal의 알고리즘은 모든 모서리를 가중치별로 정렬하고 모서리를 추가해도 주기가 생성되지 않는 한 가중치의 오름차순으로 모서리를 추가하여 MST를 점진적으로 구축할 수 있다.

[0093] 도 1을 참조하면, 단계 S130에서, 에지 노드가 수신한 네트워크 정보를 토대로 가중치 조건을 평가할 수 있다.

[0094] 수학식 4를 참조하면, 각 링크의 최소 가중치를 계산할 수 있고, 가중치는 단일 거리 값이 아니라 최적화된 값이고 네트워크는 동적 속성을 가질 수 있다.

수학식 4

[0095] $$min(w_i) = 1/(e + lnl + l_t)$$

[0096] 여기서, w_i는 i번째 가중치, e는 에너지, lnl은 링크 손실(link lost), l_t는 지연 시간(latency time)을 나타낸다.

[0097] 수학식 5를 참조하면, 데이터 패킷의 송수신 시 소모되는 전력을 기준으로 에너지 e를 계산할 수 있다.

수학식 5

[0098] $$K * (Pr + Pt)/N$$

[0099] 여기서, Pr은 수신 전력, Pt는 전송 전력, K는 데이터 패킷 수, N은 노드를 나타낼 수 있다.

[0100] 수학식 6을 참조하면, 로컬 테이블에서는 모든 노드의 항목은 에너지 소비가 미리 설정된 임계값보다 작을 때까지 유지될 수 있다.

수학식 6

[0101] $$e(s_i\ \varepsilon\ N,\ R) < threshold$$

[0102] 여기서, s_i는 i번째 소비, N은 노드를, R은 데이터 속도를, threshold는 설정한 임계값을 나타낸다.

[0103] 본 발명의 일 실시예로, 데이터 손실이나 오류율이 증가할 때마다 링크 성능(link performance)은 가장 낮은 우선순위를 갖게 되며, 이러한 링크는 시스템에서 회피하게 된다.

[0104] 임의의 노드의 잔여 에너지가 임계값보다 낮으면 해당 플래그(flag) 값은 0일 수 있다.

[0105] 플래그는 특정 상태, 조건 또는 상태를 나타내는 데 사용되는 이진 값(0 또는 1)인 경우가 많은데, 일반적으로 네트워크나 시스템 내에서 특정 기능, 설정 또는 동작을 활성화하거나 비활성화하는 간단한 방법으로 사용될 수 있다.

[0106] 수학식 7을 기반으로 링크 간섭(link interference)으로 인한 링크 손실(link lost, lnl)을 계산할 수 있다. 링크 간섭은 연속된 노드 간에 연결된 링크의 성능을 결정할 수 있다.

수학식 7

[0107] $$lnl = DL + EC$$

[0108] 여기서, DL은 데이터 손실(data lost), EC는 오류 계산(error computation)을 나타낸다.

[0109] 수학식 8을 기반으로 특정 링크에 대한 지연 시간(l_t)을 계산할 수 있다.

수학식 8

[0110] $$l_t = m * RTT$$

[0111] 여기서, m은 입력되는 비콘 메시지를, RTT(round-trip time)는 왕복시간을 나타낸다.

[0112] 비콘 메시지는 장치, 네트워크 또는 서비스의 존재 또는 가용성을 알리는 방법으로 사용되는 짧고 정기적으로 전송되는 신호 또는 메시지를 의미한다.

[0113] 왕복 시간(RTT)은 데이터 패킷이 소스에서 대상으로 이동한 다음 다시 소스로 돌아오는 데 걸리는 시간을 나타내고, 네트워크의 두 지점 간 데이터 전송의 대기 시간 또는 지연을 측정하는 데 사용되는 중요한 측정 기준이다.

[0114] 소스 노드는 가중치 비용(weightened cost)의 최소값 min(w_i)을 기반으로 인접 에지를 선택할 수 있는데, 여기서 최소 스패닝 트리의 '에지'는 낮은 가중치 또는 비용을 기반으로 최소 스패닝 트리의 일부로 선택된 두 노드(정점) 사이의 특정 연결을 의미하고 최소한의 전체 비용으로 네트워크의 모든 노드를 연결하는 역할을 할 수 있다.

[0115] 본 발명에서는, 최소 스패닝 트리의 선택된 에지가 루프(loop)를 형성하지 않도록 지속적인 모니터링을 할 수 있고, 비콘 메세지 m-1 에지가 경로에 포함되면 Krushkal 알고리즘의 실행이 중지될 수 있다.

[0117] 도 2에서는 그래프 이론을 사용하여 하위 그래프를 최적화 하는 시스템의 흐름도를 나타낸다.

[0118] 네트워크 초기화 과정에서 각 노드는 가장 가까운 게이트웨이에 등록되어야 하고, 그 다음 수신한 정보를 토대로 가중치 비용을 계산하였을 때 최소 값에 해당하면 해당 에지를 추출하고, 그러한 에지의 데이터는 최적화된 최소 스패닝 트리임을 확인하여 전송할 수 있다.

[0119] 노드들은 최적의 조건에 따라 방향성이 없는 가중치 그래프의 구성요소가 될 수 있으며, 이를 토대로 다양한 스패닝 트리를 형성할 수 있다.

[0120] 게이트웨이는 스패닝 트리 중에서 IoT 데이터를 라우팅하기 위한 최소 트리를 선택할 수 있는 기능을 수행할 수 있다.

[0122] **<SDN 아키텍처의 IoT 보안>**

[0123] 본 발명의 일 실시예로, 2계층 아키텍처에 대한 보안을 제공할 수 있는데, 첫 번째 단계에서는 각 노드는 게이트웨이와 함께 보안 구역을 설정할 수 있고, 두 번째 단계에서는 센서 노드 및 소스 노드와의 협업을 통해 게이트웨이는 SDN 컨트롤러와 안전하게 통신할 수 있는데, 여기서 게이트 웨이는 에지 노드일 수 있다.

[0124] SDN 컨트롤러는 보안 측정(security measurement) 및 컴퓨팅 비용의 계산을 수행할 수 있고, 여기서 보안 측정이란 무단 액세스로부터 정보, 시스템 및 리소스를 보호하기 위해 마련된 보안 조치, 제어 및 메커니즘의 효과성, 강도 및 견고성을 정량적 또는 정성적으로 평가하는 관행을 의미할 수 있다.

[0126] 도 3에서는, 본 발명의 일 실시예로, 보안을 강화하기 위해 SDN 컨트롤러를 활용한 시스템의 작동 원리를 나타낸다.

[0127] 도 3을 참조하면, 단계 S300에서는, 네트워크 속성에 대한 정보가 SDN 컨트롤러에 등록된다.

[0128] 수학식 9를 참고하면, 등록 패킷 RQ(registration packet)는 각 노드 아이디(node identity) Nid, 에너지 Nenergy, 타임 스탬프 (time stamp, TS) 필드로 구성될 수 있다.

수학식 9

[0129] $$RQ = (Nid,\ Nenergy,\ TS)$$

[0130] 본 발명의 일 실시예로, 센서 노드가 에지 노드로부터 요청을 받아 전달한 정보가 SDN 컨트롤러에 등록될 수 있다.

[0131] SDN 컨트롤러는 인접 노드 ID를 테이블 내부에 저장할 수 있고, 노드의 요청을 받으면 해당 테이블을 사용하여 노드의 ID를 확인할 수 있다.

[0132] 도 3을 참조하면, 단계 S310에서는, 에지 노드에서는 수신한 데이터를 검증한 후에, 데이터에 대한 정보를 SDN 컨트롤러로 전송한다.

[0133] SDN 컨트롤러는 KDC(Key Distribution Center) 역할을 하며 전체 네트워크에 대한 전반적인 정보를 얻을 수 있다.

[0134] 각 노드는 인접 노드로부터 수신된 정보로 자신의 메모리 테이블을 생성할 수 있다.

[0135] 각 인접 노드는 동일한 전송 범위에 있는 다른 노드에 로컬 정보를 일종의 무제어 포트 배정인 플러딩(flooding)을 수행할 수 있다.

[0136] 게이트웨이는 응답 시간을 줄이기 위해 IoT로 부터 데이터를 수신하면 이를 에지 노드로 추가로 전달할 수 있다.

[0137] SDN 컨트롤러는 네트워크에 대한 업데이트된 정보를 유지할 수 있다.

[0138] SDN 컨트롤러가 각 네트워크 내부의 각 노드 및 장치를 컨트롤할 수 있게 되면, 무결성이 보장된 보안 시스템을 확보하기 위하여 입력된 데이터는 검증될 수 있고, 시스템을 구성하는 노드들에 블록체인 기술을 적용할 수 있다.

[0140] 도 3을 참조하면, 단계 S320 내지 S330에서는, 에지 노드와 SDN 컨트롤러가 통신하는 과정에서 SDN 컨트롤러는 성능이 만족스럽지 못한 경우에 에지 노드에 경고 메시지를 보내고, 라우팅 프로세스를 재구성하여 등록 단계(S300)부터 재진행한다.

[0141] 본 발명에서는, 라우팅 단계와 인증 단계를 거친 후에 블록체인 기술을 탐색할 수 있다.

[0143] 도 3을 참조하면, 단계 S350에서는, SDN 컨트롤러는 보안을 위해 블록체인 기술을 활용한다.

[0144] 본 발명에서는, 각 노드는 블록체인에 자신을 등록하고 개인 정보 보호의 무결성을 보장할 수 있다.

[0145] SDN 컨트롤러는 인접 노드 ID를 테이블 내부에 저장할 수 있고, 노드의 요청을 받으면 해당 테이블을 사용하여 노드의 ID를 확인할 수 있다.

[0146] 수학식 10을 참조하면, SDN 컨트롤러는 노드의 ID가 인증된 경우, 마스터 키 MK로 디지털 서명된 ni 노드에 대해 비밀 키 s_k를 생성할 수 있다.

수학식 10

[0147] $$SDN \rightarrow ni: E_MK(s_k)$$

[0148] 노드가 키를 수신하고 이를 확인하여 값이 일치하면 해당하는 노드는 블록체인에 등록될 수 있다.

[0149] 블록체인은 해시값을 체인 형태로 조합한 것으로, 개인 정보 보호 및 무결성 공격으로부터 전체 경로가 완전히 보호될 때까지 실행될 수 있다.

[0150] 블록체인은 다양한 데이터 블록으로 구성되고, 각 블록은 인증을 보장하기 위해 디지털 서명으로 별도로 암호화될 수 있으며, 각 블록의 암호화는 xor 연산을 사용하여 일회용 패드와 데이터 비트 키로 수행될 수 있다.

[0151] 각 장치는 블록체인 원리를 개별적으로 사용할 수 있고, 이로써 높은 안정성을 갖춘 시스템을 형성할 수 있다.

[0152] 디지털 해시는 장치의 무결성을 제공할 수 있고, 제3자 또는 중간 장치는 허가를 받을 때까지 IoT 데이터에 액세스할 수 없다.

[0153] 최초로 데이터를 전송한 노드는 자신의 데이터와 다른 장치에서 해당 데이터에 액세스할 수 있는 방식을 제어할 수 있다.

[0155] **< 시뮬레이션 >**

[0156] 본 발명의 일 실시예로, 다양한 데이터 크기와 노드 수를 기반으로 네트워크 환경을 시뮬레이션할 수 있다.

[0157] 게이트웨이와 에지 노드와 함께 각 노드는 무작위로 배포될 수 있다.

[0158] SDN 컨트롤러에는 제약 조건에 대한 제한이 없다.

[0159] 결과는 처리량, 패킷 삭제 비율, 전파 지연 및 노드 오버헤드에 대해 평가될 수 있다.

[0160] 시뮬레이션은 75~375개의 노드로 실행되고, 데이터 크기는 10KB에서 50KB까지 다양할 수 있고, 시뮬레이션은 5000초 동안 실행될 수 있다.

[0161] 노드는 자원 측면에서 동질적 구조를 가질 수 있다.

[0162] 노드의 초기 에너지는 3j부터 6j까지 시작될 수 있다.

[0163] 노드의 전송 전력은 10m로 고정할 수 있다.

[0164] 네트워크 크기는 5000m × 5000m로 설정될 수 있다.

[0165] 게이트웨이와 에지 디바이스의 개수는 10개와 5개로 설정할 수 있다.

[0166] 제안하는 시스템의 링크 중단 및 데이터 정확도 성능을 평가하기 위해 시뮬레이션 환경에 악성 노드도 분산시킬 수 있다.

[0167] 표 1은 테스트에 활용된 시뮬레이션 변수를 나타낸다.

표 1

Parameters	Values
Simulation area	5000 m × 5000 m
Sensors	75–375
Data size	10–50 KB
Transmission power	10 m
Initial energy	3–6 j
Simulations	15
Edge devices	5
Gateway nodes	10
Size of control packet	512 bits

[0168]

[0170] **< 평가 결과 >**

[0171] 평가 지표는 처리량, 패킷 삭제 비율, 전파 지연 및 노드 오버헤드 등으로 볼 수 있다.

[0172] 도 4(a) 및 도 4(b)를 참조하면, 네트워크 처리량 측면에서 이전보다 더 나은 성능을 확인할 수 있는데, 네트워크 처리량을 각각 평균 19%, 22% 크게 증가시켰고, 이는 그래프 이론을 이용하여 최소 비용을 기준으로 스패닝 트리를 추출한 결과이다.

[0173] 본 발명의 일 실시예로, 링크 손실률 및 지연 시간 매개변수를 탐색하여 경로를 업데이트하고, 효율적인 대역폭 활용으로 실제 데이터 패킷을 적시에 전달할 수 있다.

[0174] 본 발명의 일 실시예로, 제안한 보안 알고리즘은 개인키를 이용하여 시스템의 강도를 높이고, 실제 데이터에서 허위 패킷을 제거할 수 있다.

[0175] 본 발명의 일 실시예로, 인공지능 접근 방식과 비용 함수 계산를 통해 최적의 경로를 결정할 수 있는데, 특히 하위 그래프는 링크 평가를 통해 최단 경로를 제공하고 통신 채널 비용을 낮출 수 있다.

[0177] 도 6(a) 및 도 6(b)를 참조하면, 전파 지연 측면에서 관련된 솔루션과 성능을 비교할 수 있는데, 노드와 데이터 크기가 증가함에 따라 전파 지연도 증가하는 것으로 관찰할 수 있고, 본 발명은 전파 지연을 평균 19%, 31% 개선할 수 있는 것을 확인할 수 있다.

[0178] 또한 제안된 시스템은 IoT 계층의 가장 유해한 공격을 최소화할 수 있고, 에지 장치는 SDN 컨트롤러에 대한 채널을 지능적으로 보호할 수 있다.

[0180] 도 7(a) 및 도 7(b)를 참조하면, 패킷 삭제 비율 측면에서 SDS-GIoT 프로토콜이 다른 솔루션과 비교하여 어떻게 뛰어난 성능을 발휘하는지 나타낼 수 있는데, 성능 결과를 보면 노드 수가 증가하고 데이터 크기가 증가함에 따라 패킷 손실 비율도 증가하는 것으로 나타나며, 본 발명은 다른 관련 작업에 비해 패킷 손실률을 평균 39%, 41% 감소시킬 수 있다.

[0181] SDN 컨트롤러는 네트워크 흐름을 지속적으로 모니터링하여 성능이 만족스럽지 않을 때마다 다양한 조건을 사용하여 센서노드 등 에지 디바이스에 데이터를 다시 라우팅하라는 명령을 내릴 수 있다.

[0182] 라우팅 테이블이 업데이트되면, 에너지가 임계값보다 적은 경우에 SDN 컨트롤러에 의해 해당 노드가 제거될 수 있다.

[0183] 통신 링크는 지연 시간 및 데이터 손실을 정기적으로 모니터링할 수 있는데, 유해한 활동이 수행될 때마다 관련

경고 메시지가 전달 테이블에 기록되고 노드에 상황이 통보될 수 있다.

[0185] 도 8(a) 및 도 8(b)에서는, 노드 오버헤드 측면에서 다른 작업과 비교한 것으로, 엣지 컴퓨팅과의 협업으로 IoT 네트워크의 안정성을 높인 지능형 컴퓨팅을 활용할 수 있는데, 일반적으로 노드 수와 데이터 크기가 증가함에 따라 노드 오버헤드가 증가하는 것을 관찰할 수 있으나, 본 발명은 노드의 에너지 부하 균형을 유지하여 네트워크에 대한 과도한 오버헤드를 줄임으로써 노드의 오버헤드를 각각 평균 28%, 37% 개선할 수 있다.

부호의 설명

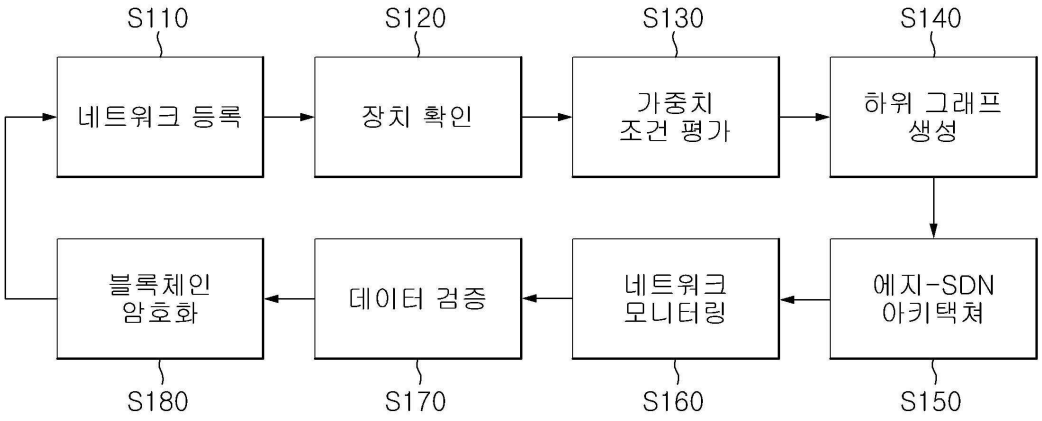
[0187] 500 : 에지 최적화 임베디드 시스템이 수행될 수 있는 장치

502 : 프로세서 504 : 메모리

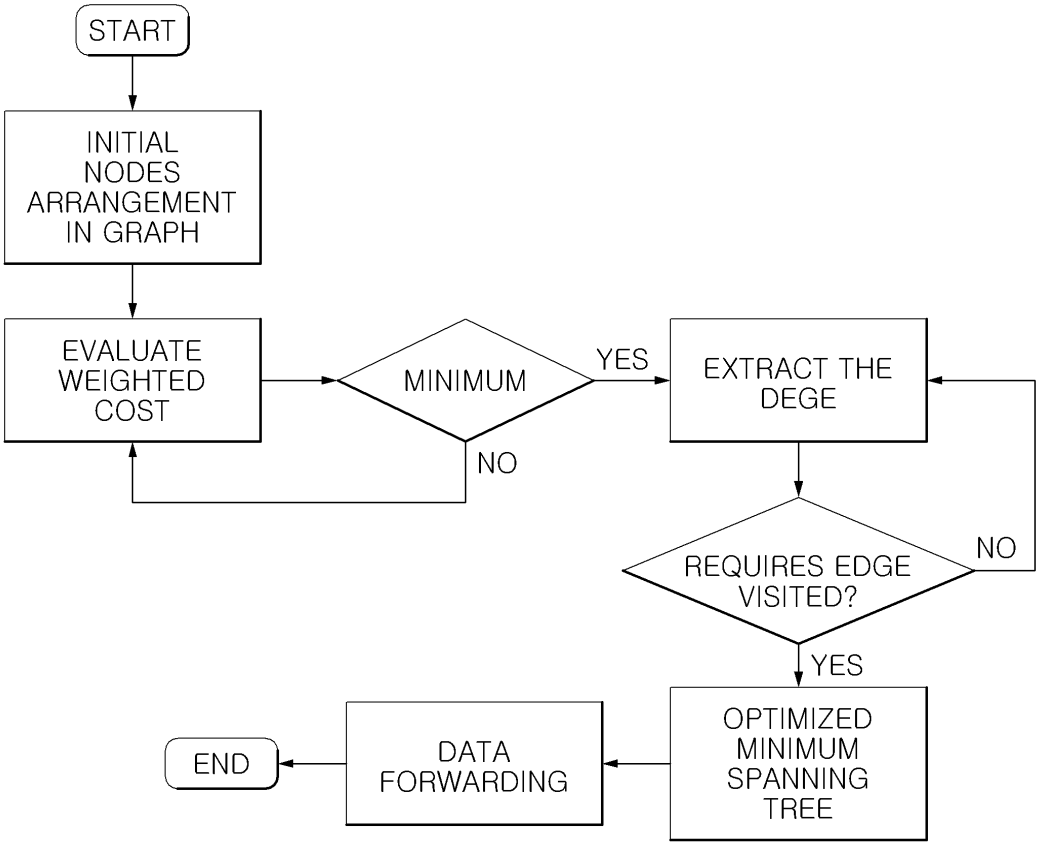
506 : 입출력 인터페이스 508 : 네트워크 통신 인터페이스

도면

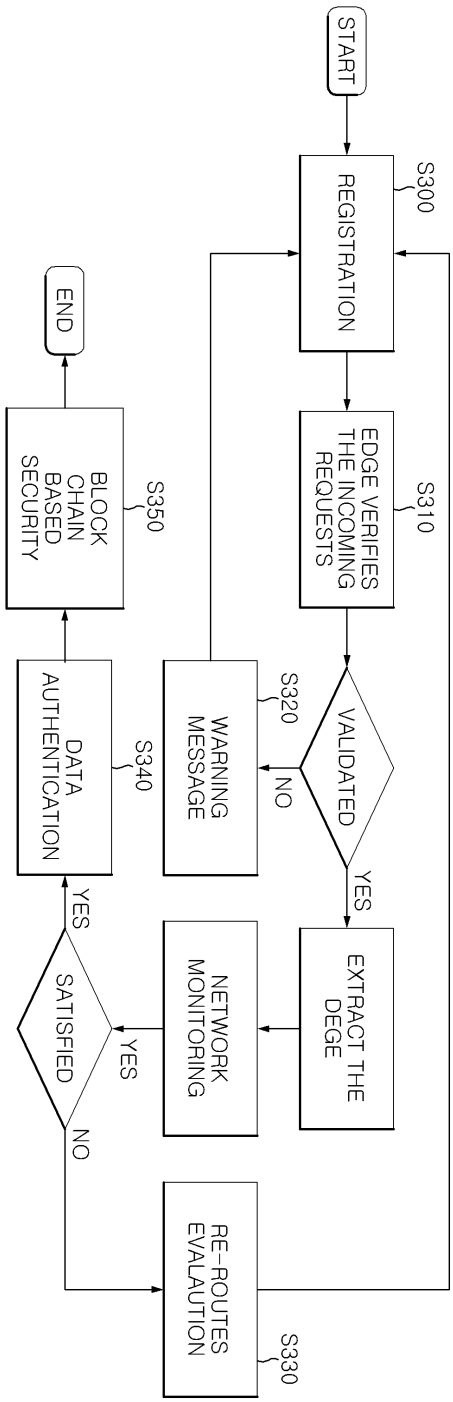
도면1



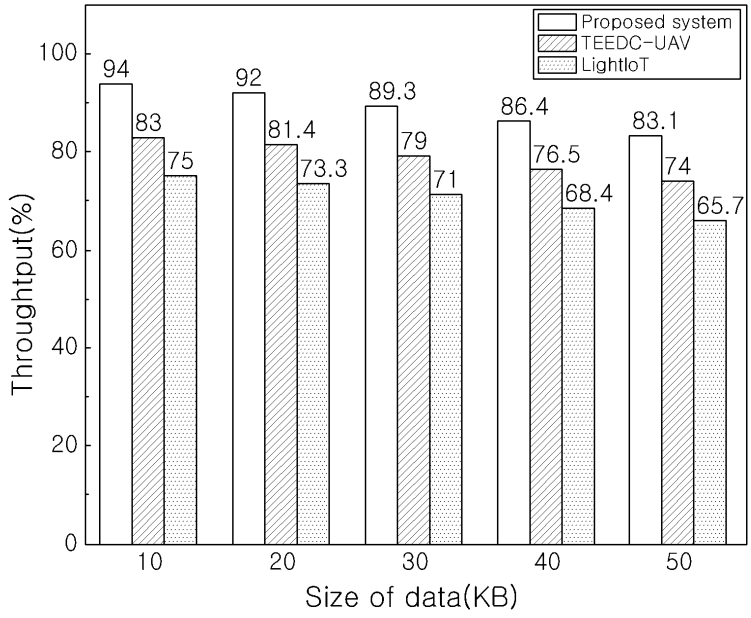
도면2


START
INITIAL NODES ARRANGEMENT IN GRAPH
EVALUATE WEIGHTED COST
MINIMUM
YES
NO
EXTRACT THE DEGE
REQUIRES EDGE VISITED?
NO
YES
OPTIMIZED MINIMUM SPANNING TREE
DATA FORWARDING
END

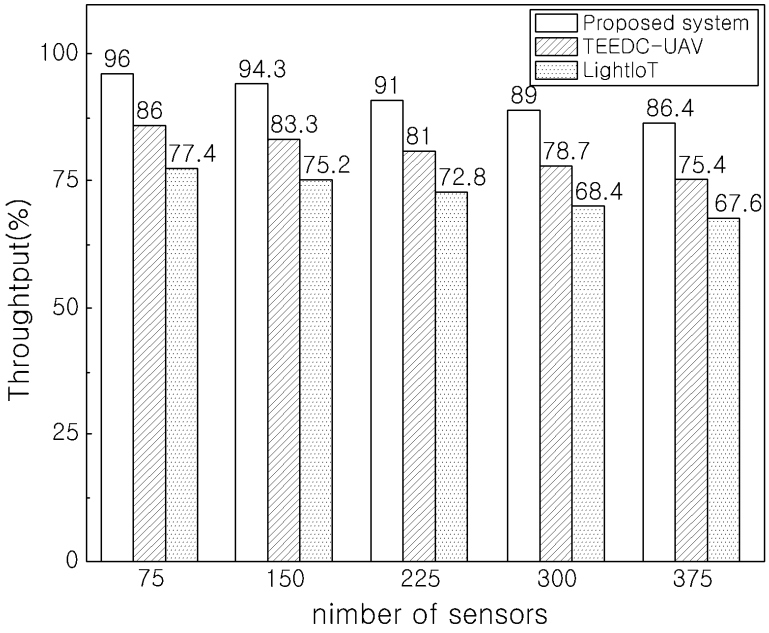
도면3


START
REGISTRATION
S300
EDGE VERIFIES THE INCOMING REQUESTS
S310
VALIDATED
NO
YES
WARNING MESSAGE
S320
EXTRACT THE DEGE
NETWORK MONITORING
SATISFIED
YES
NO
RE-ROUTES EVALAUTION
S330
DATA AUTHENTICATION
S340
YES
BLOCK CHAIN BASED SECURITY
S350
END

도면4

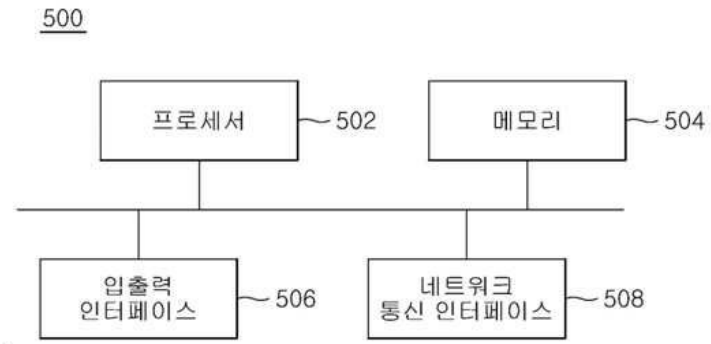

Proposed system
TEEDC-UAV
LightIoT
Throughtput(%)
100
80
60
40
20
0
94
83
75
92
81.4
73.3
89.3
79
71
86.4
76.5
68.4
83.1
74
65.7
10
20
30
40
50
Size of data(KB)

(a)

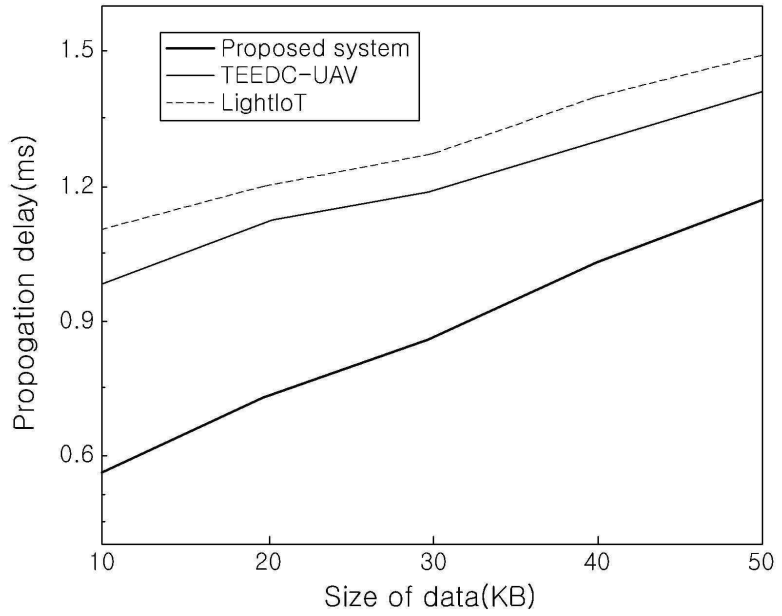

Proposed system
TEEDC-UAV
LightIoT
Throughtput(%)
100
75
50
25
0
96
86
77.4
94.3
83.3
75.2
91
81
72.8
89
78.7
68.4
86.4
75.4
67.6
75
150
225
300
375
nimber of sensors

(b)

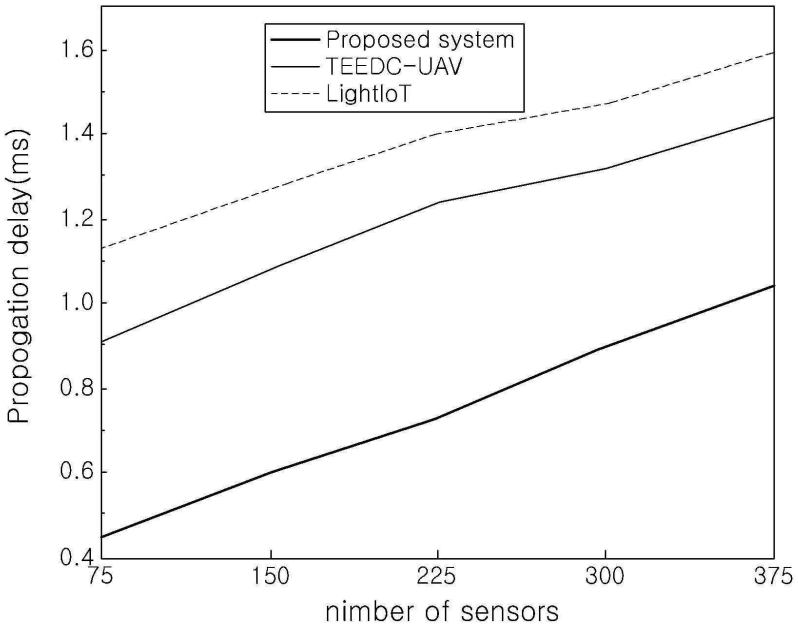
도면5



도면6

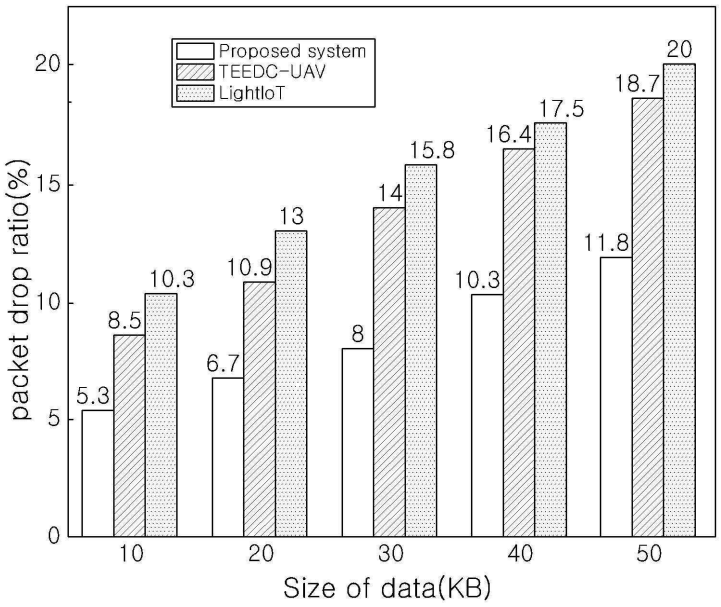

Proposed system
TEEDC-UAV
LightIoT
Propogation delay(ms)
1.5
1.2
0.9
0.6
10
20
30
40
50
Size of data(KB)

(a)

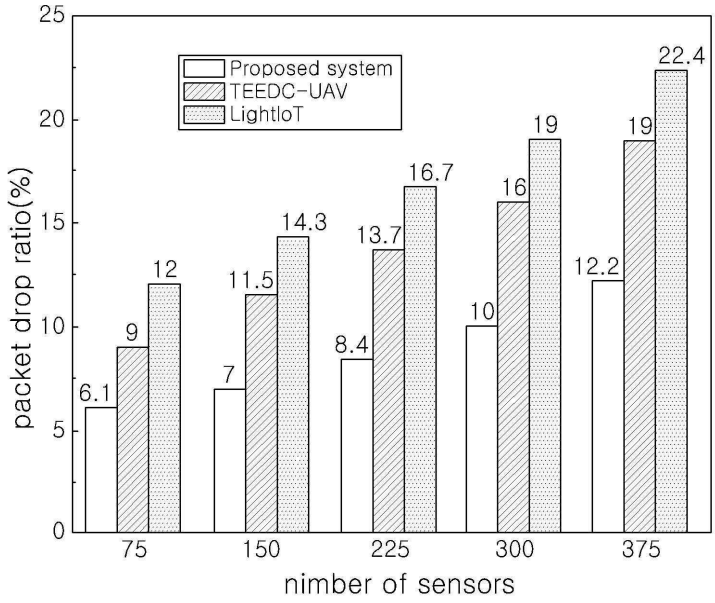

Proposed system
TEEDC-UAV
LightIoT
Propogation delay(ms)
1.6
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
75
150
225
300
375
nimber of sensors

(b)

도면7

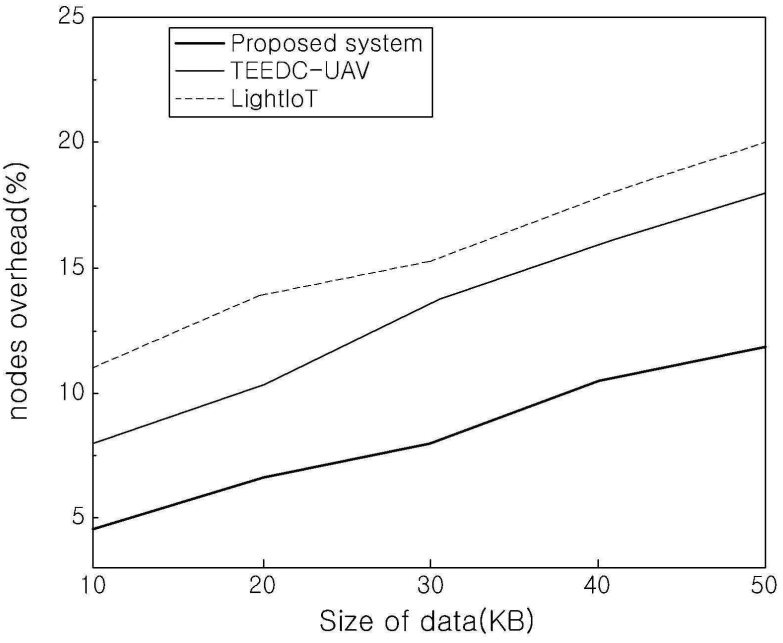

Proposed system
TEEDC-UAV
LightIoT
packet drop ratio(%)
0
5
10
15
20
5.3
8.5
10.3
6.7
10.9
13
8
14
15.8
10.3
16.4
17.5
11.8
18.7
20
10
20
30
40
50
Size of data(KB)

(a)

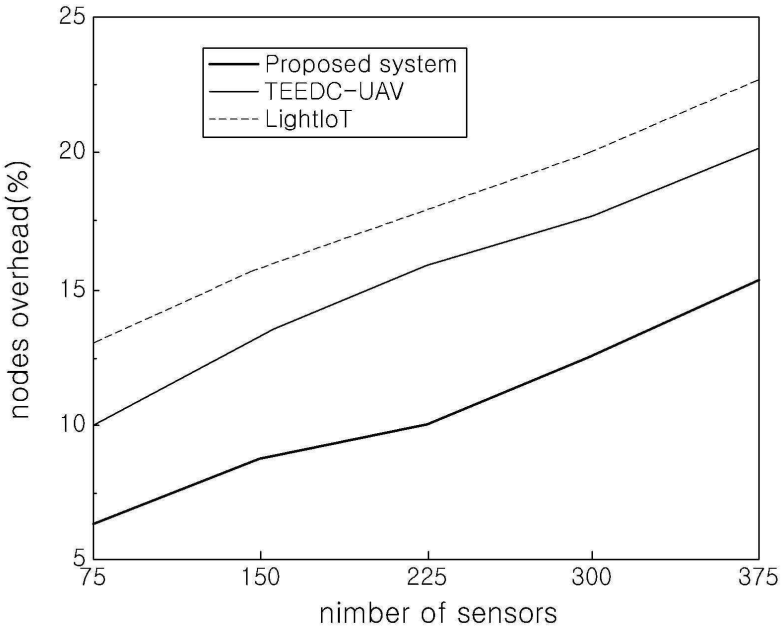

Proposed system
TEEDC-UAV
LightIoT
packet drop ratio(%)
0
5
10
15
20
25
6.1
9
12
7
11.5
14.3
8.4
13.7
16.7
10
16
19
12.2
19
22.4
75
150
225
300
375
nimber of sensors

(b)

도면8


Proposed system
TEEDC-UAV
LightIoT
nodes overhead(%)
25
20
15
10
5
10
20
30
40
50
Size of data(KB)

(a)


Proposed system
TEEDC-UAV
LightIoT
nodes overhead(%)
25
20
15
10
5
75
150
225
300
375
nimber of sensors

(b)