(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0060566
(43) 공개일자 2018년06월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04L 12/863 (2013.01) *H04L 12/26* (2006.01)
H04L 12/721 (2013.01)
(52) CPC특허분류
H04L 47/54 (2013.01)
H04L 43/0829 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0160202
(22) 출원일자 2016년11월29일
심사청구일자 2016년11월29일

(71) 출원인
한림대학교 산학협력단
강원도 춘천시 한림대학길 1, 한림대학교(옥천동)
(72) 발명자
김의직
강원도 춘천시 지석로 29, 514동 1103호 (석사동, 휴먼타운아파트)
권정혁
강원도 춘천시 스무숲1길 32-9, 202호 (석사동)
(74) 대리인
유민규

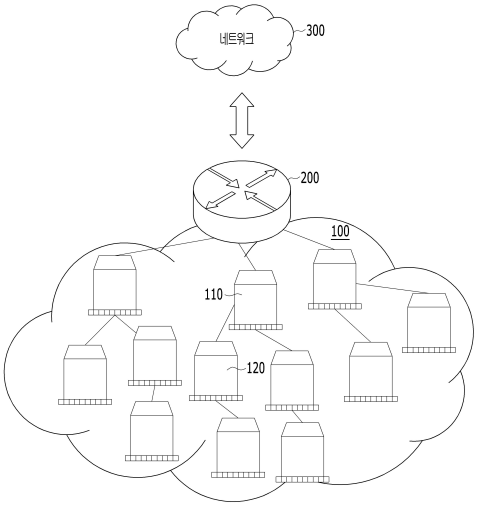
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 **대규모 무선 센서 네트워크 내에서 큐 기반 노드 선택 방법 및 센서 노드**

(57) 요 약

대규모 무선 센서 네트워크(Large scale WSNs) 내에서 어느 하나의 센서 노드(Sensor Node) 의 큐 기반 노드 선택 방법에 있어서, 센서 노드의 큐(Queue)의 크기에 기초하여 패킷의 손실 경고 기준값(Loss alert value)을 결정하는 단계, 손실 경고 기준값에 기초하여 패킷의 손실이 발생할지 여부를 모니터링하는 단계, 모니터링 결과, 패킷 손실 발생이 예상되는 경우, 센서 노드의 복수의 자식 노드 중 평균 송신 주기가 가장 짧은 자식 노드(Child node)를 선택하는 단계 및 선택된 자식 노드에 관한 정보를 이웃 노드에 알리는 단계를 포함하는 큐 기반 노드 전송 방법을 제공할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
H04L 45/12 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2016H1A2A1908620
부처명 교육부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 글로벌박사양성사업
연구과제명 산업용 사물인터넷 실현을 위한 디바이스 연결 및 어플리케이션 프로토콜 연구
기 여 율 1/1
주관기관 한림대학교 산학협력단
연구기간 2016.03.01 ~ 2017.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

대규모 무선 센서 네트워크(Large scale WSNs) 내에서 어느 하나의 센서 노드(Sensor Node) 의 큐 기반 노드 선택 방법에 있어서,

상기 센서 노드의 큐(Queue)의 크기에 기초하여 패킷의 손실 경고 기준값(Loss alert value)을 결정하는 단계;

상기 손실 경고 기준값에 기초하여 패킷의 손실이 발생할지 여부를 모니터링하는 단계;

상기 모니터링 결과, 상기 패킷 손실 발생이 예상되는 경우, 상기 센서 노드의 복수의 자식 노드 중 평균 송신 주기가 가장 짧은 자식 노드(Child node)를 선택하는 단계; 및

상기 선택된 자식 노드에 관한 정보를 이웃 노드에 알리는 단계를 포함하는 큐 기반 노드 전송 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 자식 노드를 선택하는 단계는

상기 선택된 자식 노드의 ID를 포함하는 노드 리스트에서 상기 선택된 자식 노드를 삭제하는 것인, 큐 기반 노드 전송 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 자식 노드에 관한 정보를 이웃 노드에 알리는 단계는,

상기 노드 리스트에 기초하여 상기 선택된 자식 노드의 ID를 포함하는 DIO (DAG Information object) 메시지를 상기 이웃 노드에 전송하는 것인, 큐 기반 노드 전송 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 모니터링하는 단계는

상기 큐의 사용율이 상기 결정된 손실 경고 기준값에 근접하는 경우, 상기 패킷 손실 발생이 발생할 것으로 예상하는 것인, 큐 기반 노드 전송 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 모니터링하는 단계는 기준 시간 동안 자식 노드로부터의 패킷 도달 속도가 패킷 처리 속도보다 빠른 경우, 상기 패킷 손실 발생이 발생할 것으로 예상하는 것인, 큐 기반 노드 전송 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 모니터링하는 단계 이후에,

상기 패킷 손실 발생이 예상되지 않는 경우, 홉 카운트(Hop Count) 및 예상 전송 횟수(Expected Transmission Count) 중 적어도 하나에 기초하여 상기 이웃 노드 중 어느 하나의 센서 노드를 부모 노드로 결정하는 것인, 큐 기반 노드 선택 방법.

청구항 7

제 2 항에 있어서,

상기, 자식 노드를 삭제하는 단계는,

상기 자식 노드가 삭제된 상기 노드 리스트에 기초하여 패킷 도착율을 계산하고, 상기 계산된 패킷 도착율이 데이터 전송율을 포함하는 서비스율 보다 큰 경우, 평균 송신 주기가 가장 짧은 자식 노드를 선택하여, 삭제하는 것인, 큐 기반 노드 선택 방법.

청구항 8

제1 항에 있어서,

상기 이웃 노드로부터 이웃 노드 DIO 메시지를 수신하는 단계를 더 포함하고,

상기 DIO 메시지에 포함된 적어도 하나의 자식 노드의 ID와 자신의 ID를 비교하여 일치하는 경우, 상기 노드 리스트에서 상기 이웃 노드를 부모 노드에서 삭제하는 것인, 큐 기반 노드 선택 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 이웃 노드를 상기 부모 노드에서 삭제하는 단계 이후에,

상기 이웃 노드 DIO 메시지에 포함된 자식 노드 ID에 기초하여 선택되어야 할 상기 자식 노드가 가장 적은 상기 이웃 노드를 새로운 부모 노드로 선택하는 것인, 큐 기반 노드 선택 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 새로운 부모 노드를 선택하는 단계는,

하나 이상의 부모 노드가 선택되는 경우, 예상 전송 횟수를 비교하여 보다 나은 연결 품질을 가지는 센서 노드를 상기 부모 노드로 선택하는 것인, 큐 기반 노드 선택 방법.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 선택된 자식 노드에 관한 정보를 수신한 이웃 노드는,

상기 선택된 자식 노드에 관한 정보와 상기 정보를 수신한 이웃 노드의 정보를 비교하여 상기 자식 노드의 ID와 자신의 ID가 일치하는 경우, 상기 센서 노드를 부모 노드에서 삭제하는 것인, 큐 기반 노드 선택 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 이웃 노드는

새로운 부모 노드를 선택하는 단계는, 상기 자식 노드에 관한 정보에 기초하여 상기 자식 노드가 가장 적은 상기 부모 노드를 새로운 부모 노드로 선택는 것인, 큐 기반 노드 선택 방법.

청구항 13

제 7항에 있어서,

상기 패킷 도착율은 아래 수학식과 같은 것인, 큐 기반 노드 선택 방법

$$\lambda_n = P_{size} \times s \times \left\{ \sum_{i=1}^{m} \left(\frac{s}{t_{(n,i)}} - 1 \right) \right\}$$

청구항 14

대규모 무선 센서 네트워크(Large scale WSNs) 내의 어느 하나의 센서 노드(Sensor Node)에 있어서,

상기 센서 노드의 큐(Queue)의 크기에 기초하여 패킷의 손실 경고 기준값(Loss alert value)을 결정하는 기준값 결정부;

상기 손실 경고 기준값에 기초하여 패킷의 손실이 발생할지 여부를 모니터링하는 모니터링 부;

상기 모니터링 결과, 상기 패킷 손실 발생이 예상되는 경우, 상기 센서 노드의 복수의 자식 노드 중 평균 송신 주기가 가장 짧은 자식 노드(Child node)를 선택하는 노드 선택부; 및

상기 선택된 자식 노드에 관한 정보를 이웃 노드에 알리는 정보 전송부를 포함하는센서 노드;

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본원은 대규모 무선 센서 네트워크 내에서 큐에 기반하여 센서 노드를 선택하는 방법 및 센서 노드에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근, 사물 인터넷(Internet of things, IoT)은 학계 및 산업계에서 많은 관심을 받고 있다. 무선 센서 네트워크(wireless sensor networks, WSNs)를 사용하는 원격 모니터링과 컨트롤은 IoT의 대표적인 어플리케이션으로 고려되고 있으며, 이러한 IoT 어플리케이션에서는 비용 효율을 높이기 위해 제한적인 리소스(예를 들어, 제한적인 메모리, CPU 등)를 가진 디바이스가 일반적으로 사용되고 있다.

[0003] 하지만, 이러한 디바이스는 제한된 자원과 주변 노드들의 전송으로 인한 간섭 등으로 패킷 손실이 방생할 수 있으며, 이러한 문제를 해결하기 위해 IETF ROLL WG(Internet engineering task force routing over LLN working group)는 IPv6 routing protocol for LLN(이하 RPL)를 표준화 하였다. 또한, 패킷 손실 문제를 완화하기 위해, 디바이스 사이에 경로를 최적화하여 선택하는 Object Function을 사용하여 디바이스를 선택하는 방법이 제안되었으나, 디폴트 OF는 대규모 WNS 에서 디바이스의 제안된 자원을 고려하지 않아 빈번한 패킷 손실을 유발할 수 있으며, 이는 싱크 노드와 가까울수록 더욱 빈번하게 일어날 수 있다. 한편, Load-balanced RPL은 패킷 손실률은 줄일 수 있으나, 노드의 불필요한 변경을 유발시키고, 네트워크 내에서 전송되는 메시지 수를 증가시킬 수 있다. 이는 네트워크 내 토폴로지 변화의 수가 메시지 전송 주기를 제어하는 Trickle timer를 빈번하게 리셋 시키는데 원인이 있다. 따라서 이러한 접근법으로는 네트워크 내의 디바이스에 대한 패킷 손실을 해소하는 것에 대해서는 한계가 있다.

[0004] 본원의 배경이 되는 기술은 한국특허등록공보 제10-1441476호에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본원은 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 제한된 큐 용량에 의해 발생하는 패킷 손실 비율을 감소시키고, 네트워크 내의 DIO(DODAG Information Object)메시지의 수를 최소화하도록 대규모 무선 센서 네트워크 내에서 큐에 기반하여 센서 노드를 선택하는 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0006] 다만, 본원의 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제들도 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 대규모 무선 센서 네트워크(Large scale WSNs) 내에서 어느 하나의 센서 노드(Sensor Node) 의 큐 기반 노드 선택 방법에 있어서, 센서 노드의 큐(Queue)의 크기에 기초하여 패킷의 손실 경고 기준값(Loss alert value)을 결정하는 단계, 손실 경고 기준값에 기초하여 패킷의 손실이 발생할지 여부를 모니터링하는 단계, 모니터링 결과, 패킷 손실 발생이 예상되는 경우, 센서 노드의 복수의 자식 노드 중 평균 송신 주기가 가장 짧은 자식 노드(Child node)를 선택하는 단계, 선택된 자식 노드에 관한 정보를 이웃 노드에 알리는 단계를 포함하는 큐 기반 노드 전송 방법을 제공할 수 있다.

[0008] 또한, 본원의 일 실시예에 따르면, 자식 노드를 선택하는 단계는 선택된 자식 노드의 ID를 포함하는 노드 리스트에서 선택된 자식 노드를 삭제하는 것 일 수 있다.

[0009] 또한, 본원의 일 실시예에 따르면, 자식 노드에 관한 정보를 이웃 노드에 알리는 단계는, 노드 리스트에 기초하여 선택된 자식 노드의 ID를 포함하는 DIO 메시지를 이웃 노드에 전송하는 것 일 수 있다.

[0010] 또한, 본원의 일 실시예에 따르면, 모니터링하는 단계는 큐의 사용율이 결정된 손실 경고 기준값에 근접하는 경우, 패킷 손실 발생이 발생할 것으로 예상하는 것일 수 있다.

[0011] 또한, 본원의 일 실시예에 따르면, 모니터링하는 단계는 기준 시간 동안 자식 노드로부터의 패킷 도달 속도가 패킷 처리 속도보다 빠른 경우, 패킷 손실 발생이 발생할 것으로 예상하는 것 일 수 있다.

[0012] 또한, 본원의 일 실시예에 따르면, 모니터링하는 단계 이후에, 패킷 손실 발생이 예상되지 않는 경우, 홉 카운트(Hop Count) 및 예상 전송 횟수(Expected Transmission Count) 중 적어도 하나에 기초하여 이웃 노드 중 어느 하나의 센서 노드를 부모 노드로 결정하는 것일 수 있다.

[0013] 또한, 본원의 일 실시예에 따르면, 자식 노드를 삭제하는 단계는, 자식 노드가 삭제된 노드 리스트에 기초하여 패킷 도착율을 계산하고, 계산된 패킷 도착율이 데이터 전송율을 포함하는 서비스율 보다 큰 경우, 평균 송신 주기가 가장 짧은 자식 노드를 선택하여, 삭제하는 것일 수 있다.

[0014] 또한, 본원의 일 실시예에 따르면, 이웃 노드로부터 이웃 노드 DIO 메시지를 수신하는 단계를 더 포함하고, DIO 메시지에 포함된 적어도 하나의 자식 노드의 ID와 자신의 ID를 비교하여 일치하는 경우, 노드 리스트에서 이웃 노드를 부모 노드에서 삭제하는 것일 수 있다.

[0015] 또한, 본원의 일 실시예에 따르면, 이웃 노드를 부모 노드에서 삭제하는 단계 이후에, 이웃 노드 DIO 메시지에 포함된 자식 노드 ID에 기초하여 선택되어야 할 자식 노드가 가장 적은 이웃 노드를 새로운 부모 노드로 선택하는 것일 수 있다.

[0016] 또한, 본원의 일 실시예에 따르면, 새로운 부모 노드를 선택하는 단계는, 하나 이상의 부모 노드가 선택되는 경우, 예상 전송 횟수를 비교하여 보다 나은 연결 품질을 가지는 센서 노드를 부모 노드로 선택하는 것일 수 있다.

[0017] 또한, 본원의 일 실시예에 따르면, 선택된 자식 노드에 관한 정보를 수신한 이웃 노드는, 선택된 자식 노드에 관한 정보와 정보를 수신한 이웃 노드의 정보를 비교하여 자식 노드의 ID와 자신의 ID가 일치하는 경우, 센서 노드를 부모 노드에서 삭제하는 것일 수 있다.

[0018] 또한, 본원의 일 실시예에 따르면, 이웃 노드는 새로운 부모 노드를 선택하는 단계는, 자식 노드에 관한 정보에 기초하여 자식 노드가 가장 적은 부모 노드를 새로운 부모 노드로 선택하는 것일 수 있다.

[0019] 또한, 본원의 일 실시예에 따르면, 대규모 무선 센서 네트워크(Large scale WSNs) 내의 어느 하나의 센서 노드(Sensor Node)에 있어서, 센서 노드의 큐(Queue)의 크기에 기초하여 패킷의 손실 경고 기준값(Loss alert value)을 결정하는 기준값 결정부, 손실 경고 기준값에 기초하여 패킷의 손실이 발생할지 여부를 모니터링하는 모니터링 부, 모니터링 결과, 패킷 손실 발생이 예상되는 경우, 센서 노드의 복수의 자식 노드 중 평균 송신 주기가 가장 짧은 자식 노드(Child node)를 선택하는 노드 선택부, 선택된 자식 노드에 관한 정보를 이웃 노드에 알리는 정보 전송부를 포함할 수 있다.

[0020] 상술한 과제 해결 수단은 단지 예시적인 것으로서, 본원을 제한하려는 의도로 해석되지 않아야 한다. 상술한 예시적인 실시예 외에도, 도면 및 발명의 상세한 설명에 추가적인 실시예가 존재할 수 있다.

발명의 효과

[0021] 전술한 본원의 과제 해결 수단에 의하면, 제한된 큐 용량에 의해 발생하는 패킷 손실 비율을 감소시키고, 네트워크 내의 DIO메시지의 수를 최소화하여, 기존 프로토콜 대비 더 낮은 패킷 손실율을 가지며, 더 적은 수의 DIO 메시지를 생성하여 전송할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 본원의 일 실시예에 따른 큐 기반 노드 선택 방법에 대규모 센서 네트워크 시스템의 구성을 개략적으로 나타낸 도면이다.

도 2는 본원의 일 실시예에 따른 큐 기반 노드 선택 방법을 나타내는 도면이다.

도 3은 본원의 일 실시예에 따른 패킷의 손실이 발생할지 여부를 모니터링하는 구성을 나타내는 도면이다.

도 4는 본원의 일 실시예에 따른 큐 기반 노드 선택 방법의 패킷 손실 정도를 나타내는 도면이다.

도5는 본원의 일 실시예에 따른 센서 노드의 구성을 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본원이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본원의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본원은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본원을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0024] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다.

[0025] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부재가 다른 부재 "상에", "상부에", "상단에", "하에", "하부에", "하단에" 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다.

[0026] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함" 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0027] 본원은 제한된 큐 용량에 의해 발생하는 패킷 손실 비율을 감소시키고 네트워크 내 DIO 메시지의 수를 최소화하도록 설계된 큐 상태 기반 노드 선택 방법을 제공하는 시스템의 구성을 제공함으로써, WSN(Wireless Sensor Network) 내의 센서 노드 들에 대한 패킷 손실 문제를 완화할 수 있도록 하는 기술에 관한 것이다.

[0028] 도 1은 본원의 일 실시예에 따른 큐 기반 노드 선택 방법에 대규모 무선 센서 네트워크 시스템의 구성을 개략적으로 나타낸 도면이다. 도 1을 참조하면, 대규모 센서 네트워크 시스템은 복수의 센서 노드(100)는 무선 링크를 통해 상호 연결되고, 센싱 데이터는 멀티 홉 릴레이(Multi hop relay) 방식을 사용하여 라우터(200)로 전송되고, 라우터(200)는 유선 링크를 통해 WSN와 네트워크(300)로 연결될 수 있다.

[0029] 네트워크(300)의 일 예로는 LAN(Local Area Network), Wireless LAN(Wireless Local Area Network), WAN(Wide Area Network), PAN(Personal Area Network), Wi-Fi Network, 블루투스(Bluetooth) 네트워크, NFC(Near Field Communication) 네트워크, LTE(Long Term Evolution) 네트워크, WiMAX(World Interoperability for Microwave Access) 네트워크 등이 포함될 수 있으며, 이에 한정된 것은 아니다. 한편, 무선 링크는 Zigbee, Bluetooth low energy(BLE), Power lne communication(PLC) 와 같은 저전력 통신기술이 될 수 있다.

[0030] 일반적으로, 센서 노드(100)는 주기적으로 주변 환경의 변화를 검사하고, 멀티 홉 릴레이를 사용해 라우터(200) 또는 싱크 노드로 데이터를 전송할 수 있다. 센서 노드(100)는 제한된 자원과 주변 노드들의 전송으로 인한 간섭 등으로 빈번하게 패킷 손실이 발생할 수 있고, 이를 해결하기 위해 IETF ROLL WG는 RPL을 RFC6550으로 표준화 하였다. PRL은 간단한 거리 벡터 기반 라우팅 프로토콜로서 간단한 라우팅 및 전달 메커니즘을 사용하여 메모리 사용 및 라우팅 신호를 최소화하도록 설계되었다. RPL은 비순환 방향 그래프(DAG: Direct Acyclic Graph)라 불리는 트리 기반 라우팅 토폴로지를 구성하며, 이는 라우터(200)의 수에 따라 하나 이상의 DODAG(Destinaton Oriented DAG)가 구성될 수 있다. 센서 노드(100)는 주기적으로 DAG 정보 객체 메시지(DIO: DODAG Information Message)를 전송하고, 센서 노드(100)가 이웃 노드로부터 DIO 메시지를 받으면 센서 노드

(100)은 수신된 DIO 메시지와 유효한 센서 노드들 사이의 경로를 선택할 수 있다.

[0031] 센서 노드(100)는 달리 말해 센서 디바이스라고 할 수 있으며, 이웃 노드들과 통신의 수행이 가능한 장치를 의미할 수 있다. 센서 노드(100)의 일 예로, 고정되거나 이동성을 가지는 단말로서, MS(Mobile Station), UT(User Terminal), SS(Subscriber Station), 무선기기(Wireless Device), 무선 모뎀(Wireless Modem), 휴대기기(Handheld Device), AT(Access Terminal) 등과 같은 용어로 불릴 수도 있다.

[0032] 또한, 본원의 다양한 실시예들에 따르면 센서 노드(100)들은 다양한 형태의 단말로서, 예를 들어, 단말은 네트워크를 통해 원격지의 서버에 접속할 수 있는 TV 장치, 컴퓨터 또는 휴대용 단말일 수 있다. 여기서, TV 장치의 일 예에는 스마트 TV, IPTV 셋톱박스 등이 포함되고, 컴퓨터의 일 예에는 웹 브라우저(WEB Browser)가 탑재된 노트북, 데스크톱(desktop), 랩톱(laptop) 등이 포함되고, 휴대용 단말의 일 예에는 휴대성과 이동성이 보장되는 무선 통신 장치로서, PCS(Personal Communication System), GSM(Global System for Mobile communications), PDC(Personal Digital Cellular), PHS(Personal Handyphone System), PDA(Personal Digital Assistant), IMT(International Mobile Telecommunication)-2000, CDMA(Code Division Multiple Access)-2000, W-CDMA(W Code Division Multiple Access), Wibro(Wireless Broadband Internet) 단말, 스마트폰(smartphone), 태블릿 PC 등과 같은 모든 종류의 핸드헬드(Handheld) 기반의 무선 통신 장치가 포함될 수 있으며, 이에 한정된 것은 아니다.

[0033] RPL을 구현하는데 있어 일반적으로, 홉 카운트와 예상 전송 횟수(ETX: Expected transmission count)를 부모 노드(110) 선택을 위해 사용하는 OF0(Object Function 0)을 디폴트 OF로 고려할 수 있다. 이 때, 링크의 예상 전송 횟수는 성공적인 패킷 전송 확률의 역수를 의미할 수 있다. 센서 노드(100)는 OF0을 사용하여 보다 나은 연결 품질을 가지는 부모 노드(110)를 선택할 수 있다. 하지만, OF0을 사용하는 RPL은 대규모 WSN에서 빈번한 패킷 손실을 일으킬 수 있는데 이는 센서 노드(100)의 제한된 자원을 고려하지 않은데 그 원인이 있을 수 있다. OF0에서는 라우터(200) 또는 싱크 노드와 가까울수록 빈번한 패킷 손실이 발생할 수 있는데, 이는 대규모 네트워크에서 낮은 큐 용량에 비해 높은 중계 부담을 가지는데 원인이 있을 수 있다.

[0034] 대규모 WSN에서 패킷 손실 문제를 완화할 수 있는 방법에 대한 많은 연구가 진행되고 있다 LB-RPL(Load-balanced RPL)은 센서 노드(100)가 부모 노드(110)의 큐 상태를 고려하여 부모 노드(110)를 선택할 수 있다. 하지만, LB-RPL은 센서 노드(100)가 자신의 큐 상태에 따라 DIO 송신 주기를 늘리기 때문에 긴 지연이 발생할 수 있다. 또한, QU-RPL(Queue utilization)은 각 센서 노드(100)는 이웃 노드 들의 전체 큐 크기에서 큐 안에 있는 패킷들의 수를 의미하는 Queue Utilization을 고려하여 부모 노드(110)를 선택할 수 있다. 하지만, QU-RPL의 경우 패킷 손실률은 크게 줄일 수 있으나, 부모 노드(110)의 불필요한 변경을 유발시켜 네트워크 내의 DIO 메시지 수를 증가시키는 단점이 있다. 이는 증가된 토폴로지 변화의 수가 DIO 전송 주기를 제어하는 Trickle timer를 빈번하게 리셋 시키는데 원인이 있을 수 있다.

[0035] 본원은 제한된 큐 용량에 의해 발생하는 패킷 손실 비율을 감소시키고, 네트워크 내의 DIO메시지의 수를 최소화하도록 하기 위한 구성으로, 센서 노드(100)는 기 설정된 큐의 임계값을 기반으로 패킷 손실 발생을 예측하고, 부모 노드(110)를 바꿔야 할 자식 노드(120)를 선택할 수 있다. 이후, 선택된 자식 노드(120)는 후보 부모 노드(110) 들 중에서 가장 최적의 큐 상태를 가지고 있는 새로운 부모 노드(110)를 선택할 수 있다.

[0036] 이와 같은 센서 노드(100)의 동작은 후술되는 도 2를 통해 자세히 설명하고자 한다.

[0037] 도 2는 본원의 일 실시예에 따른 큐 기반 노드 선택 방법을 나타내는 도면이다. 대규모 무선 센서 네트워크 내의 어느 하나의 센서 노드(100)는 하나 이상의 자식 노드(120)를 포함할 수 있으며, 이 때, 자식 노드(120)를 포함하는 어느 하나의 센서 노드(100)는 부모 노드(110)라고 할 수 있다.

[0038] 도 2를 참조하면, 대규모 무선 센서 네트워크 내에서 어느 하나의 센서 노드에 대한 큐 기반 노드 선택 방법은 단계 S201에서 센서 노드(100)의 큐(Queue)의 크기에 기초하여 패킷의 손실 경고 기준값(Loss Alert Value)을 결정할 수 있다. 일반적으로 큐(Queue)는 자료구조의 일종으로 먼저 입력된 데이터가 먼저 출력되는 FIFO(First in First Out) 구조로 저장하는 형식을 말하는 것으로, 나중에 입력된 데이터가 먼저 출력되는 스택(Stack)과는 반대되는 개념을 말한다.

[0039] 예를 들면, 센서 노드(100)는 자신의 큐의 크기에 기초하여 큐에 소정 개수를 초과하는 패킷이 저장되거나, 큐 내에서 패킷이 차지하는 비율이 큐 크기의 소정 비율을 넘어가는 경우를 손실 경고 기준값으로 결정할 수 있다.

[0040] 단계 S202에서 센서 노드(100)는 손실 경고 기준값에 기초하여 패킷의 손실이 발생할지 여부를 모니터링 할 수 있다. 센서 노드(100)는 큐의 사용율이 기 결정된 기준값에 근접하는 경우, 패킷 손실 발생이 발생한 것으로 예

상할 수 있다. 예를 들면, 센서 노드(100)는 복수의 자식 노드(120)로부터 패킷을 수신하고 수신된 패킷들을 라우터(200) 또는 센서 노드(100)의 부모 노드(110)로 전송할 수 있으며, 이 때, 센서 노드(100)는 자신의 큐의 패킷이 얼마나 차있는지, 패킷이 차지하는 비율이 얼마인지 또는 자식 노드(120)들로부터 수신되는 패킷들의 수신율이 자신이 전송할 수 있는 패킷의 전송률 보다 큰지 등 기 결정된 기준값에 기초하여 모니터링할 수 있다.

[0041] 단계 S203에서 센서 노드(100)는 모니터링 결과, 패킷 손실 발생이 예상되는 경우, 센서 노드(100)의 자식 노드 중 평균 송신 주기가 가장 짧은 자식 노드를 선택할 수 있다.

[0042] 일반적으로, 센서 노드(100)들이 동일한 큐 크기(k), 서비스율(μ), 센싱 주기(s)를 가지고 있으며, 각 센서 노드가 동일한 하드웨어 자원 및 어플리케이션으로 동작하고 있는 경우, n번째 부모 노드(110)는 자식 노드(120)들의 평균 전송 주기의 집합(T_n)을 가지고 있다고 가정하면, 자식 노드의 수가 m 인 경우, T_n 은 아래 수학식1과 같이 표현될 수 있다. 한편, 큐 크기는 큐의 저장용량(또는 메모리 용량)을 의미할 수도 있고, 소정 저장 블럭의 갯수를 의미할 수도 있다.

수학식 1

$$T_n = \{t_{(n,1)}, t_{(n,2)}, t_{(n,3)}, \dots t_{(n,m)}\}$$

[0043]

[0044] 이 때, $t_{(n,m)}$ 은 n 번째 부모 노드에 속하는 m번째 자식 노드의 평균 전송 주기를 표시하며 아래 수학식 2 와 같이 표현할 수 있다.

수학식 2

$$t_{(n,m)} = \frac{\text{센싱 주기}(s)}{1 + \text{m 번째 노드에 속하는 자손노드의 수}}$$

[0045]

[0046] 상기 수학식 1 내지 수학식 2를 이용하면, n 번째 부모 노드의 패킷 도달 속도는 아래 수학식 3과 같이 산출할 수 있다.

수학식 3

$$\lambda_n = P_{size} \times s \times \left\{ \sum_{i=1}^{m} \left(\frac{s}{t_{(n,i)}} - 1 \right) \right\}$$

[0047]

[0048] 여기서 P_{size} 는 센서 노드(100)의 패킷 크기가 될 수 있다.

[0049] 도 3을 통해 센서 노드(100)에서 패킷 손실이 발생할지 여부를 모니터링하고, 모니터링 결과에 따라 자식 노드를 선택하는 센서 노드(100)의 동작을 자세히 설명하고자 한다.

[0050] 도 3을 참조하면, 센서 노드(100)는 모니터링에 앞서 센서 노드(100) 자신의 큐에 대해 패킷 손실이 임박했는지 여부를 판단 또는 예측하는 기준 값인 패킷의 손실 경고 기준(Loss Alert Value)을 결정하고, 생성된 손실 경고 기준에 기초하여 패킷의 손실이 발생할지 여부를 모니터링 할 수 있다. 센서 노드(100)는 자신의 큐에 소정 개수 이상의 패킷이 입력되었거나, 전체 큐 크기 중 패킷이 차지하는 비율이 기준치를 초과했거나 또는, 기준 시

간 동안 자식 노드(120)들의 패킷 도달 속도가 자신의 패킷 전송 속도 또는 패킷 처리 속도보다 빠른 경우 패킷 손실 발생을 예상할 수 있다.

[0051] 센서 노드(100)는 패킷 손실이 예상되는 경우, 센서 노드(100)의 복수의 자식 노드(120) 중 평균 송신 주기가 가장 짧은 자식 노드를 선택할 수 있다. 이 때, 센서 노드(100)는 선택된 자식 노드의 ID를 포함하는 노드 리스트에서 선택된 자식 노드를 삭제할 수 있다. 예를 들어, 센서 노드(100)가 자신의 큐를 모니터링 중 패킷 손실이 있을 것으로 예상하는 경우, 복수의 자식 노드 중 가장 짧은 평균 송신 주기를 갖는 $t_{(n,3)}$ 노드를 선택할 수 있고, 노드 리스트에서 $t_{(n,3)}$ 의 ID를 노드 리스트에서 삭제할 수 있다.

[0052] 센서 노드(100)는 어느 하나의 자식 노드를 노드 리스트에서 삭제하면, 자식 노드(120)가 삭제된 노드 리스트에 기초하여 패킷 도착율을 계산하고, 계산된 패킷 도착율이 데이터 전송율을 포함하는 서비스 율보다 큰 경우, 평균 송신 주기가 가장 짧은 자식 노드(120)를 선택하여 선택된 자식 노드(120)를 삭제할 수 있다.

[0053] 좀 더 상세히 말하면, 센서 노드(100)는 어느 하나의 자식 노드(120)를 삭제한 이후, 갱신된 노드 리스트에 기초하여 패킷 도착율을 계산하여, 센서 노드(100)의 데이터 전송율을 포함하는 서비스 율과 비교하고, 계산된 패킷 도착율이 서비스 율보다 큰 경우, 복수의 자식 노드 중 가장 짧은 평균 송신 주기를 갖는 자식 노드(120)를 선택하여, 해당 자식 노드(120)의 ID를 삭제한 후, 자신의 노드 리스트에서 삭제할 수 있다. 이후, 센서 노드(100)는 이를 계산된 패킷 도착율이 서비스 율보다 작아질 때까지 반복할 수 있다.

[0054] 센서 노드(100)는 모니터링 시, 패킷 손실 발생이 예상되지 않는 경우, 홉 카운트(hop count) 및 예상 전송 횟수(ETX: Expected transmission Count) 중 적어도 하나에 기초하여 이웃 노드 중 어느 하나의 센서 노드(100)를 부모 노드(110)로 결정할 수 있다. 홉 카운트는 일반적으로 거치게 되는 라우터의 수 또는 노드의 수가 되며, 홉 카운트가 1인 경우, 직접 연결된 상태라고 할 수 있다. 한편, 예상 전송 횟수인 ETX는 성공적인 패킷 전송 확률의 역수를 의미할 수 있다.

[0055] 단계 S204에서 센서 노드(100)는 선택된 자식 노드에 관한 정보를 이웃 노드에 알릴 수 있다. 이 때, 센서 노드(100)는 자식 노드 리스트에 기초하여 선택된 자식 노드의 ID를 포함하는 DIO(DAG Information Message)를 이웃 노드에 전송할 수 있다.

[0056] 어느 하나의 센서 노드(100)가 이웃 노드로부터 이웃 노드의 DIO 메시지를 수신하는 경우, 수신된 이웃 노드의 DIO 메시지에 포함된 복수의 자식 노드(120)의 ID와 자신의 ID를 비교하여, 복수의 자식 노드(120)의 ID 중 자신의 ID와 일치하는 ID가 있는 경우, 해당 센서 노드(100)는 자신의 노드 리스트에서 DIO 메시지를 전송한 이웃 노드를 부모 노드에서 삭제할 수 있다.

[0057] 이후, 센서 노드(100)는 이웃 노드DIO 메시지에 포함된 자식 노드의 ID에 기초하여 선택되어야 할 자식 노드(120)가 가장 적은 이웃 노드를 새로운 부모 노드(110)으로 선택할 수 있다. 이 때, 하나 이상의 이웃 노드가 부모 노드(110)의 후보가 되는 경우, 예상 전송 횟수(ETX)를 비교하여 보다 나은 연결 품질을 가지는 이웃 노드를 부모 노드(110)으로 선택할 수 있다.

[0058] 한편, DIO 메시지를 수신한 이웃 노드는 선택된 자식 노드(120)에 관한 정보와 정보를 수신한 이웃 노드의 정보를 비교하여 자식 노드(120)의 ID와 DIO메시지를 수신한 이웃 노드의 ID가 일치하는 경우, 메시지를 전송한 센서 노드(100)를 부모 노드에서 삭제하고, 자식 노드에 관한 정보에 기초하여 자식 노드가 가정 적은, 가장 좋은 연결 품질을 가지는 자식 노드(120)를 새로운 부모 노드(110)으로 선택할 수 있다.

[0059] 도 4A 내지 4C는 본원의 일 실시예에 따른 큐 기반 노드 선택 방법의 패킷 손실 정도를 나타내는 도면이다. 도 4는 본원에서 제안한 방법에 따라 기존 기술 대비 센싱 주기 변화에 따른 패킷 손실율을 나타낸다. 도 4를 참조하면, 24개의 센서 노드(100) 및 1개의 라우터(200)가 있다고 가정하고, 각 센서 노드의 센싱 주기는 0.8초 내지 2초로 변화하도록 설정할 수 있다. 또한, 대규모 센서 네트워크를 고려하여 센싱 주기는 33.3초 내지 1.4초로 변화될 수 있다. 이하 자세한 내용은 표 1에 도시된다.

표 1

[0060]

파라미터	값	파라미터	값
MAC/PHY	IEEE 802.15.4	Data Rate	250Kbps
Packet Size	100bit	Number of sensor nodes	24

Queue size	10 packets	Sensing period	0.8 ~ 2s
DIO Mnimum interval	12	DIO Interval Doublings	8

[0061] 도 4A 내지 도 4B는 센싱 주기 변화에 따른 패킷 손실율을 나타낸다. 도 4A는 최악의 케이스를 나타내는 도면이고, 도 4B는 평균 케이스를 나타낸다. 도 4A 내지 도 4B를 참조하면, 본원에서 제안된 큐 기반 노드 선택 방법은 기존 프로토콜인 QU-RPL 내지 RPL with OF0과 비교하여 더 낮은 패킷 손실율을 나타낸다. 이는 실제 큐 상태 감지를 기반으로 부모 노드(110)를 선택하기 때문으로, 4B를 참조하면 본원에서 제안된 큐 기반 노드 선택 방법은 QU-RPL 대비 47.1%, RPL with OF0 대비 75% 더 낮은 패킷 손실율을 얻을 수 있다.

[0062] 도 4C는 각 센서 노드(100)를 통해 생성되는 DIO 메시지의 수를 나타낸다. 도 4C를 참조하면, 본원의 큐 기반 노드 선택 방법은 QU-RPL 보다 더 작은 수의 DIO 메시지를 생성할 수 있다. 이는 본원의 큐 기반 노드 선택 방법에 따른 DIO메시지 생성은 패킷의 손실 경고 기준값에 기초하기 때문일 수 있다. 한편, RPL with OF0와 비교하는 경우, 본원의 큐 기반 노드 선택 방법은 RPL with OF0와 비교하여 더 많은 DIO 메시지를 만들 수 있다. 이는, RPL with OF0는 제한된 큐의 크기로 인한 패킷 손실을 고려하지 않기 때문일 수 있다. 다만, 증가된 DIO 메시지의 수는 트래픽 집중 현상으로 인한 패킷 손실과 비교했을 때 네트워크 성능에 많은 영향을 주지는 않는다.

[0063] 도5는 본원의 일 실시예에 따른 센서 노드(100)의 구성을 나타내는 도면이다. 도 5에 도시된 센서 노드(100)의 동작은 앞서 설명된 큐 기반 노드 선택 방법에서 설명된 센서 노드(100)의 동작을 수행한다. 따라서 이하 생략된 내용이라고 하더라도 큐 기반 노드 선택 방법에서 설명된 센서 노드(100)의 동작은 도 5에도 동일하게 적용되므로 자세한 설명은 생략된다.

[0064] 도 5를 참조하면, 대규모 무선 센서 네트워크 내의 어느 하나의 센서 노드(100)는 기준값 결정부(101), 모니터링 부(102), 노드 선택부(103) 및 정보 전송부(104)를 포함한다.

[0065] 기준값 결정부(101)는 센서 노드(100)의 큐 크기에 기초하여 패킷의 손실 경고 기준값을 결정할 수 있다. 패킷의 손실 경고 기준값은 큐에 저장된 패킷의 수, 큐의 크기 중 패킷이 차지하는 비중 또는 자식 노드(120)들로부터 수신되는 패킷 수신 속도 중 하나에 기초할 수 있다.

[0066] 모니터링 부(102)는 손실 경고 기준값에 기초하여 패킷의 손실이 발생할지 여부를 모니터링할 수 있다. 예를 들어, 모니터링 부(102)는 큐에 저장된 패킷의 수가 기준값보다 많은 경우, 현재 큐에 저장된 패킷의 비중이 소정 비율을 넘어가는 경우 또는, 자식 노드(120)들로부터 수신되는 패킷 수신 속도가 자신의 패킷 처리 속도보다 큰 시간이 소정 시간 동안 유지되는 경우 패킷의 손실이 발생할 것으로 예상할 수 있다.

[0067] 노드 선택부(103)는 모니터링 결과, 패킷 손실 발생이 예상되는 경우, 센서 노드(100)의 복수의 자식 노드(120) 중 평균 송신 주기가 가장 짧은 자식 노드(120)를 선택할 수 있다. 노드 선택부(103)는 선택된 자식 노드의 ID를 포함하는 노드 리스트에서 선택된 자식 노드(120)를 삭제하고, 자식 노드(120)이 삭제된 새로운 노드 리스트에 기초하여 새로운 패킷 도착율을 계산할 수 있다. 이후, 계산된 패킷 도착율이 데이터 전송율, 패킷 처리율, 패킷 처리 속도 등을 포함하는 서비스 율보다 큰 경우, 평균 송신 주기가 가장 짧은 자식 노드를 선택하여 삭제할 수 있다. 이러한 노드 선택부(103)의 동작은 서비스 율이 새롭게 계산된 패킷 도착율보다 클 때까지 반복될 수 있다.

[0068] 정보 전송부(104)는 선택된 자식 노드(120)에 대한 정보를 이웃 노드에 알릴 수 있다. 이 경우, 선택된 자식 노드에 관한 정보를 수신한 이웃 노드는, 선택된 자식 노드에 관한 정보와 정보를 수신한 이웃 노드의 정보를 비교하여 자식 노드(120)의 ID와 이웃 노드 자신의 ID가 일치하는 경우, 센서 노드(100)를 부모 노드(110)에서 삭제할 수 있다.

[0069] 본원의 일 실시 예에 따른 큐 기반 노드 선택 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 본 발명을 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 본 발명의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0070] 전술한 본원의 설명은 예시를 위한 것이며, 본원이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본원의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

[0071] 본원의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본원의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

[0072] 100: 센서 노드

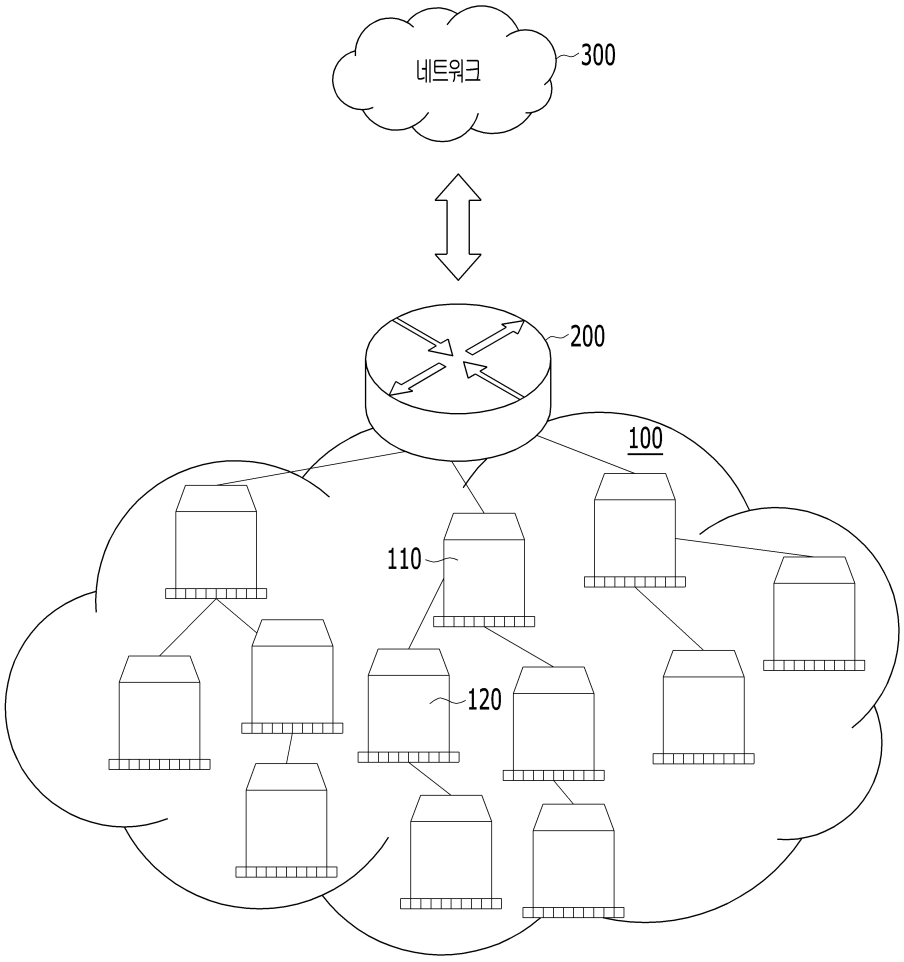
110: 부모 노드

120: 자식 노드

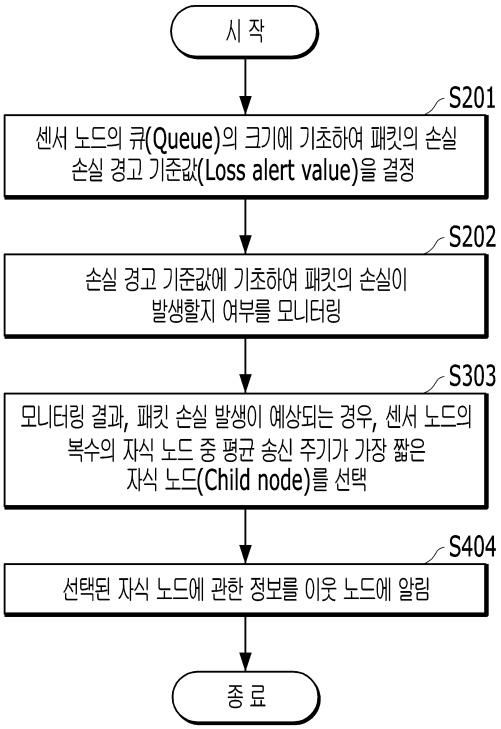
200: 라우터

도면

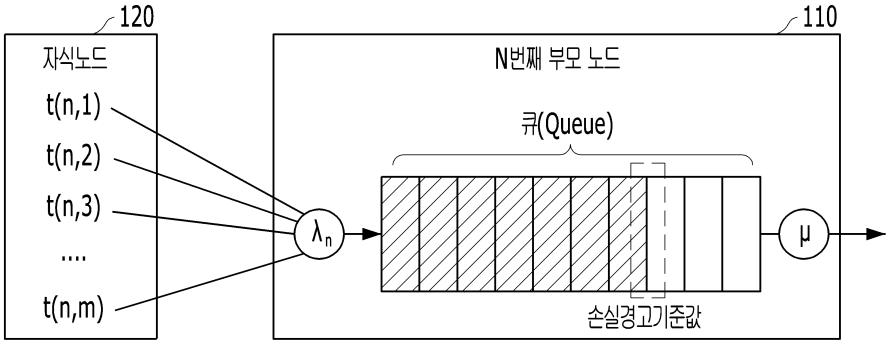
도면1



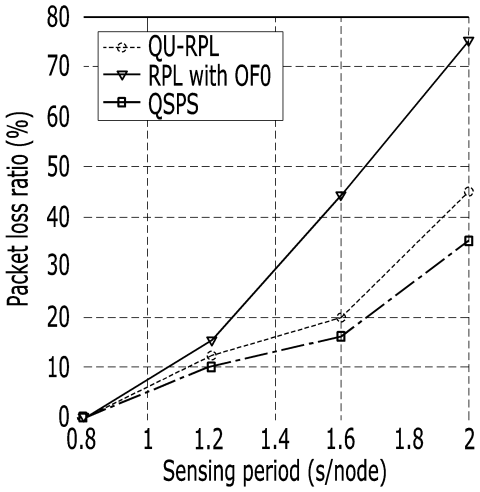
도면2


시 작
S201
센서 노드의 큐(Queue)의 크기에 기초하여 패킷의 손실
손실 경고 기준값(Loss alert value)을 결정
S202
손실 경고 기준값에 기초하여 패킷의 손실이
발생할지 여부를 모니터링
S303
모니터링 결과, 패킷 손실 발생이 예상되는 경우, 센서 노드의
복수의 자식 노드 중 평균 송신 주기가 가장 짧은
자식 노드(Child node)를 선택
S404
선택된 자식 노드에 관한 정보를 이웃 노드에 알림
종 료

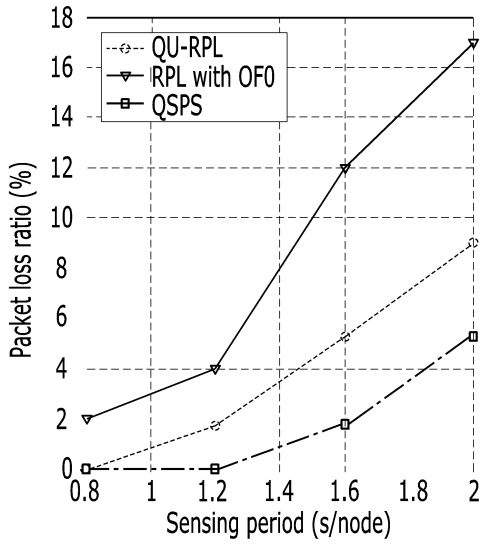
도면3


120
자식노드
t(n,1)
t(n,2)
t(n,3)
....
t(n,m)
110
N번째 부모 노드
큐(Queue)
λn
μ
손실경고기준값

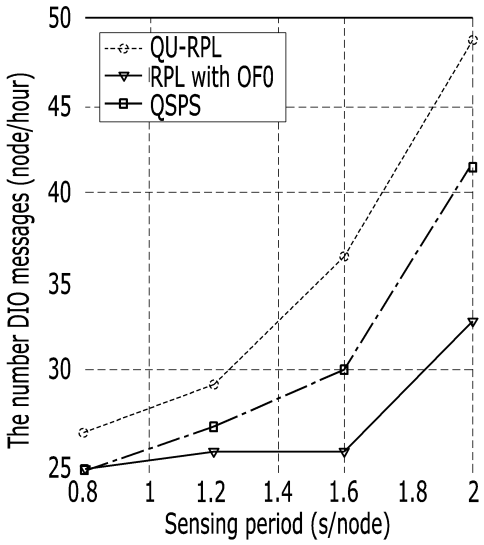
도면4a


QU-RPL
RPL with OF0
QSPS
Packet loss ratio (%)
Sensing period (s/node)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2

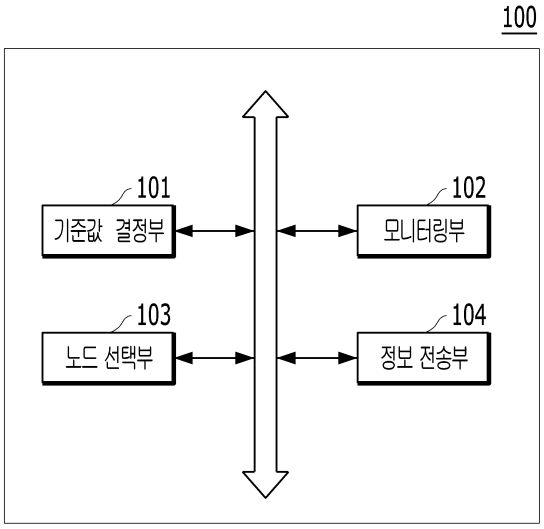
도면4b


QU-RPL
RPL with OF0
QSPS
Packet loss ratio (%)
Sensing period (s/node)
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2

도면4c


50
45
40
35
30
25
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2
QU-RPL
RPL with OF0
QSPS
The number DIO messages (node/hour)
Sensing period (s/node)

도면5


100
101
기준값 결정부
102
모니터링부
103
노드 선택부
104
정보 전송부