
무선 센서 네트워크에서 에너지 효율적인 트래픽 제어 메커니즘

장용재* · 박경욱** · 이성근***

The energy efficient traffic control mechanism in Wireless Sensor Network

Yong-jae Jang* · Kyung-yuk Park** · Sung-keun Lee***

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된
기초연구사업임(No.2011-0014900)

요 약

무선 센서 네트워크에서 센서 노드들은 제한된 자원을 가지며, 에너지의 대부분을 통신에 소비한다. 대부분의 트래픽이 싱크 노드를 향해 전달되는 형태를 지니므로, 순간적인 네트워크 혼잡 발생 가능성이 높다. 네트워크 혼잡은 패킷의 폐기를 초래하고, 폐기된 패킷의 재전송으로 인하여 에너지가 낭비된다. 특히 싱크 노드로부터 멀리 위치한 센서 노드에서 생성된 패킷의 손실은 추가적인 에너지 소비를 나타낸다. 본 논문에서는 패킷의 우선순위와 혼잡 레벨 뿐만 아니라 홵 카운트를 고려하여 패킷 전송여부를 결정하는 트래픽 제어 메커니즘을 제안한다. 시뮬레이션 방법에 의한 성능 분석을 통해 제안된 메커니즘이 에너지 효율성을 개선한 하였다.

ABSTRACT

Sensor nodes in Wireless sensor network have limited resources and consume almost all energy to the communication. For its traffic feature as a burst traffic type toward a sink node, it has high probability to network congestion. Network congestion causes packet drops and retransmission of dropped packets draws energy consumption. In particular, the loss of packet that is from the sensor node far away from a sink node requires additional energy consumption by frequent retransmission. This paper presents a traffic control mechanism that determines packet transfer by considering priority of packet and congestion level as well as hop count. Analysis of proposed mechanism by simulation demonstrated that it improved energy efficiency.

키워드

무선 센서 네트워크, 트래픽 제어, 홵 카운트, 큐 관리 기법, 에너지 효율성

Key word

Wireless Sensor Network, Traffic control, Hop count, Queue management mechanism, Energy efficiency

* 준회원 : 순천대학교 멀티미디어 공학과

접수일자 : 2011. 08. 03

** 정회원 : 전남대학교 문화콘텐츠학부

심사완료일자 : 2011. 09. 08

*** 정회원 : 순천대학교 멀티미디어 공학과 (교신저자, sklee@sunchon.ac.kr)

I. 서 론

WSN(Wireless Sensor Network)는 온도, 압력, 습도, 위치 정보 데이터를 센싱하여 싱크노드로 전달하는 센서 노드들로 구성된 네트워크이다. 센서 노드들은 제한된 배터리 용량, 낮은 계산 능력 등 제한된 자원을 갖으며, 특히 배터리 교환 및 충전이 용이하지 않거나 불가능하기 때문에 에너지의 효율적 사용은 WSN에서 매우 중요한 문제이다[1]. 센서 노드의 에너지 소비는 주변 환경 정보 센싱, 내부 데이터 처리, 센서 노드 간 통신 등 여러 가지에 요인으로 구성된다. 이 중에서 노드 간 데이터 전송을 위해 소비되는 에너지가 전체 에너지 소비량의 많은 부분을 차지한다[2]. 따라서 센서 네트워크의 수명을 최대화하기 위해서는 불필요한 통신을 최소화하여 에너지 소모를 줄여야 한다. 무선 센서 네트워크에서 배터리를 모두 소모한 센서 노드는 더 이상 정상적인 라우팅 동작과 감지 작업을 수행할 수 없기 때문에 최소한의 에너지를 소비하며 효율적으로 데이터를 전송하기 위해 많은 연구들이 활발하게 진행되고 있다.

센서 노드의 에너지 소비의 또 다른 중요한 요인은 네트워크 혼잡 상황이다. WSN은 데이터 전송 속도가 낮고, 동일한 이벤트를 여러 노드들이 동시에 감지한다. 대부분의 트래픽이 싱크 노드를 향해 전달되는 버스트 트래픽 형태를 지니므로, 순간적인 네트워크 혼잡 발생 가능성이 높다. 네트워크 혼잡은 패킷의 폐기를 초래하고, 폐기된 패킷의 재전송으로 인하여 에너지가 낭비된다. 혼잡이 발생하지 않도록 사전에 예방하는 것이 최선의 방법이지만, WSN에서 혼잡을 완전히 예방한다는 것은 불가능하다. 따라서 혼잡이 발생했을 때 이를 어떻게 효율적으로 처리하여 전체 네트워크 관점에서 에너지 소비를 최소화시키는 방법이 매우 중요한 요소이다[1][2]. 또한, 최근 WSN을 기반으로 멀티미디어 센싱 정보를 전달하는 무선 멀티미디어 센서 네트워크의 출현으로 서비스 품질 보장의 중요성이 증대됨에 따라 혼잡 발생 시에 에너지 효율성에 중대성이 더욱 커지고 있다[11].

본 논문에서는 에너지 효율성을 보장하는 트래픽 제어 기법을 제안한다. 제안된 방법은 혼잡 상황을 적절히 대처하면서 패킷의 우선순위와 홉 카운트를 고려하여 패킷의 전송여부를 결정한다. 시뮬레이션을 통해 제안된 방법에서는 트래픽 제어 기법이 기존의 기법들에 비해 에너지를 적게 소모하여 에너지 효율성 측면에서

많은 향상을 보인다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구들에 대해 기술하고, 3장에서는 제안하는 트래픽 제어 기법에 대해 설명한다. 4장에서는 제안한 기법에 대한 성능 평가 및 결과 분석 통해 성능 향상을 증명하고, 마지막으로 5장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

2.1. 관련 프로토콜

기존의 무선 센서 네트워크에 대해 제안된 전송 프로토콜은 혼잡성 또는 신뢰성을 다룬다. SAR(Sequential Assignment Routing)[3]은 일정한 우선순위를 가지는 접근하는 혼잡 제어 프로토콜로, 싱크에 도착할 때까지 패킷의 우선순위는 바뀌지 않는 일정한 값을 갖는다. SAR은 table driven multi-path 방식을 사용하는데 지연 요구 사항과 부하 조절을 고려하여 경로를 결정한다. 다중 우선 순위 단계를 지원한다는 장점이 있는 반면 table driven 방식을 사용하기 때문에 별도의 메모리 공간을 요구하고, 패킷의 우선순위가 변하지 않기 때문에 예상치 못한 이벤트가 발생했을 때 서비스 품질을 제공하기 어렵다.

CODA(Congestion Detection and Avoidance)는 현재 버퍼와 무선 채널 점유율을 기반으로 혼잡을 감지하는 혼잡 제어 프로토콜이다[4]. CODA는 상향 노드에게 혼잡이 발생했는지를 알려주기 위한 특별한 억제 메시지를 사용한다. 억제 메시지를 받은 후 상향 노드는 송신률을(multiplicatively reduce) 줄인다. 반면 상향 이웃 노드들은 일정한 주기 시간 동안 어떠한 억제 메시지를 받지 않는다면 송신률을 선형 증가시킨다. 혼잡 제어 기능만을 포함하고 있어서, 패킷 폐기와 재전송에 대한 에너지 효율성은 다루지 않는다.

GARUDA는 무선 센서 네트워크에서 하향 신뢰성을 보장하는 신뢰성 보장 전송 프로토콜이다[5][6]. GARUDA는 패킷 재전송을 위한 2계층 구조를 구성한다. 이웃 노드 중 코어 센서 노드가 없다면 싱크 노드로부터 3i 홉 떨어진 센서 노드들은 코어노드로서 선택된다. 코어 센서 노드는 첫 번째 계층이고, 다른 센서 노드들은 두 번째 계층이 된다. 코어가 아닌 각 센서 노드들은 가장 가까운 코어 노드를 노드의 코어 노드로 선택하

고, 코어 노드는 손실 패킷을 복구 할 수 있다. 손실 복구는 코어 센서 노드의 손실 회복 1단계와 코어 노드와 비코어 노드 간 손실 회복 2단계를 통해 실현된다. GARUDA는 패킷의 성공적인 전송을 보장하기 위한 반복적인 WFP(wait for first packet) 펄스 전송을 사용한다. 펄스 전송은 추가적으로 홉 정보를 계산하고 2계층 구조를 구성하기 위한 코어 센서 노드를 선택하는데 사용된다. 계층 구조를 이용한 패킷 재전송은 효율적인 신뢰성을 구현하는데 적합 하지만, 무선 네트워크의 특성상 잦은 계층 변화를 갖는다.

STCP(Sensor Transmission Control Protocol)[7]은 무선 센서 네트워크 전송 프로토콜 중 하나로, 이것은 혼잡과 신뢰성 모두를 다룬다. STCP는 일반적인 센싱 노드에서부터 싱크로 향하는 전송 프로토콜이다. STCP에서, 중간 센서 노드는 RED(Random Early Detection)과 같은 알고리즘을 사용한다.

2.2. 프로토콜 관련 큐 메커니즘

기존의 무선 센서 네트워크의 큐 관리 메커니즘을 살펴보면 다음과 같다. 중계 노드는 센싱 패킷 과 수신 패킷들을 관리하기 위하여 일종의 버퍼 역할을 하는 큐를 가지고 있다. 큐는 버퍼의 역할을 할 뿐만 아니라 큐 내의 패킷 점유율을 통하여 네트워크의 상태를 짐작할 수 있다. 혼잡 제어 알고리즘의 경우 대부분 큐의 점유율을 통하여 네트워크의 혼잡 상태를 인지하고, 패킷 송신량 감소 혹은 경로 재설정 등의 방법으로 혼잡을 방지하며, 최악의 경우 패킷을 폐기 한다. 이러한 전통적인 큐 알고리즘은 큐가 가득 찼을 경우, 유입되는 모든 패킷을 폐기 하며, 이러한 방식은 네트워크의 혼잡도를 증가하고, 망 이용 효율을 떨어뜨린다.

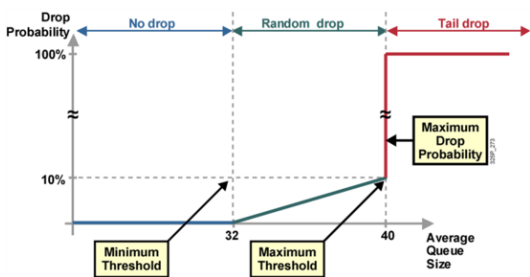


그림 1. RED 알고리즘
Fig. 1 RED Algorithm

동적 큐 관리 알고리즘인 random early discard 혹은 random early drop으로 알려진 RED(Random Early Detection)은 큐의 평균 크기를 확인하면서 통계적인 확률에 의해 패킷의 처리를 결정한다[8][9]. 큐가 거의 비어있는 경우에는 모든 패킷을 수신하지만, 큐가 점점 차게 되면, 들어오는 패킷의 폐기율도 함께 증가하게 된다. 하지만 QoS에 따른 차등 처리가 불가능하다.

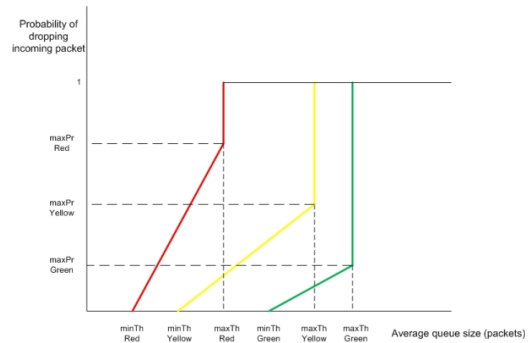


그림 2. RIO 알고리즘
Fig. 2 RIO Algorithm

RIO(RED In/Out)는 RED 알고리즘에 다양한 패킷의 QoS에 따른 차등 처리를 위하여 구현된 알고리즘이다 [10]. 각 패킷 별로 다른 가중치를 두어 패킷을 처리하도록 하는 알고리즘으로, 각 패킷에 중요도에 따르는 마킹을 하여 큐에 수신 시 큐의 점유율에 따른 중요도 별 처리 확률을 계산하여 처리하는 방식을 갖는다.

무선 센서 네트워크에서 센서 노드들은 주로 에너지를 통신하는데 사용한다고 위에서 언급했다. 따라서 효율적인 네트워크 사용이 필수적인데, 네트워크 혼잡 혹은 다른 이유로 패킷의 손실이 발생할 경우, 신뢰성 향상을 위하여 패킷 재전송이 이뤄진다. 패킷의 재전송은 센서 노드의 추가적인 에너지 소비를 발생시킨다. 따라서 반드시 재전송에 대한 요구사항이 알고리즘에 적용되어야 한다. 본 논문에서는 이러한 요구사항을 큐 관리 메커니즘에 적용하여 효율적인 큐 관리 메커니즘을 제안한다.

III. 프로토콜 제안

WSN은 무선 네트워크의 새로운 형태로 센서 노드들이 배치된 공간을 의미하는 센서 필드와 외부 망을 연결하는 싱크 노드로 구성된다. 대부분의 데이터 패킷은 다수 싱크 노드에서 하나의 싱크 노드로 전달되는 다대일 형태가 되며, 각각의 센서 노드들은 센싱 데이터를 생성하는 소스 기능뿐만 아니라, 수신된 데이터를 싱크 노드로 중계하는 라우터 기능도 수행한다.

본 논문에서 제시한 알고리즘은 다양한 응용을 지원한다. 패킷은 중요성에 따라 Green, Yellow, Red로 마킹되어 싱크 노드로 전송된다. 이때 Green은 중요성이 가장 높은 패킷을 의미하며 Red가 중요성이 가장 낮은 패킷을 의미한다. 수신 노드는 큐 상태를 확인하면서 수신되는 패킷의 처리를 결정한다. 수신 노드의 큐는 3가지 상태로 분류하여 혼잡 상태를 결정한다. 중요도에 의해 표시된 패킷은 수신 큐의 점유율에 따라 처리된다. Normal operation 상태에서는 모든 패킷이 처리된다. 큐의 점유율이 Redmin에 도달하면 혼잡 방지를 위해 Red와 Yellow로 표시된 패킷은 hop 카운트 정보와 함께 drop 확률을 계산하고 그 값에 따라 패킷의 폐기 여부를 결정한다. 큐의 점유율이 Greenmin에 도달하면 큐가 거의 포화된 상태이다. 이 상태를 혼잡 상태라고 하고, 수신되는 모든 패킷을 폐기한다. 다음 그림 3은 큐 관리를 위한 패킷의 처리 과정을 나타낸다.

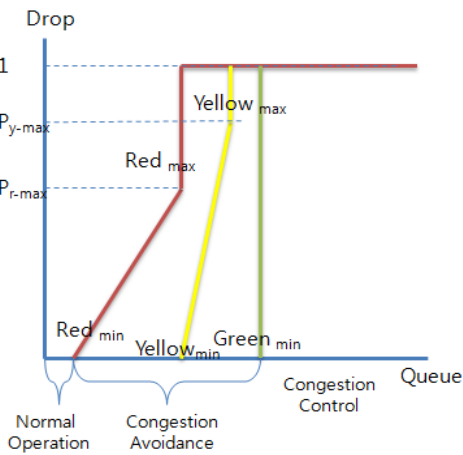


그림 3. 패킷 드롭 확률
Fig. 3 Packet Drop Probability

다음 식(1)은 hop정보를 기반으로 한 Red 패킷의 drop 확률을 구하는 공식이다.

$$P_d = \min\left(\frac{Green_{min} - Red_{max}}{Q_{max}} - \frac{Red_{max}}{Q_{max}} \left(\frac{D_h}{H_{max}}\right)^{-1}\right) \quad (1)$$

$$P_d = \min\left(\frac{Green_{min} - Yellow_{max}}{Q_{max}} - \frac{Yellow_{max}}{Q_{max}} \left(\frac{D_h}{H_{max}}\right)^{-1}\right) \quad (2)$$

여기서 Green_{min}은 Green으로 표시된 패킷이 정상 처리되는 큐의 최소 점유율이며 Red_{max}는 Red로 표시된 패킷이 최대한 처리 될 수 있는 큐의 점유율이다. D_h는 패킷이 현재 수신 노드로부터 얼마나 멀리에서 전송되었는지 나타내는 정수이다. H_{max}는 노드에서 처리할 수 있는 최대 hop 값을 나타낸다. 패킷이 멀리서 떨어지면 hop count값이 커지고, 결과적으로 $\left(\frac{D_h}{H_{max}}\right)^{-1}$ 값이 작아진다. 따라서 멀리 떨어진 곳에서 수신된 패킷일 경우 $\left(\frac{D_h}{H_{max}}\right)^{-1}$ 의 확률로 패킷 폐기가 결정되고, 가까운 곳의 노드에서 수신된 패킷일 경우 Green_{min}/Q_{max}-Yellow_{max}/Q_{max}의 확률로 패킷 폐기가 결정된다. 식 2는 Yellow 패킷의 폐기율을 나타낸다.

알고리즘 - 큐 관리 알고리즘
용어 D _h : 현재 노드의 sink로부터 거리 Q _{idx} : 큐 점유율 D _h : 패킷의 hop count P _d : 패킷 폐기율 P _r : 임의 확률 H _{max} : sink로부터의 최대 hop count
Algorithm packet_process(packet) if(Q _{idx} < Red _{min}) Enqueue(packet); else if(Q _{idx} ≥ Red _{min} and Q _{idx} < Green _{min}) { if(packet.prior == Green) Enqueue(packet); }

```

else if(packet.prior == Red) {
     $P_d = \min((Green_{min}/Q_{max} - Red_{max}/Q_{max}), 100/D_h - D_n);$ 
     $P_r = \text{rand}() \text{ mod } 10;$ 
    if( $P_d > P_r$ )
        Drop(packet);
    else
        EnQueue(packet);
}
else if(packet.prior == Yellow) {
     $P_d = \min((Green_{min}/Q_{max} - Yellow_{max}/Q_{max}), 100/D_h - D_n);$ 
     $P_r = \text{rand}() \text{ mod } 10;$ 
    if( $P_d > P_r$ )
        Drop(packet);
    else
        EnQueue(packet);
}
}
else if( $Q_{idx} \geq Yellow_{min}$  and  $Q_{idx} < Green_{min}$ ) {
    if(packet.prior == Green)
        Enqueue(packet);
    else if(packet.prior == Yellow) {
         $P_d = \max((Green_{min} - Yellow_{max}), (p - D_h/H_{max}) \times 10);$ 
         $P_r = \text{rand}() \text{ mod } 10;$ 
        if( $P_d > P_r$ )
            Drop(packet);
        else
            EnQueue(packet);
    }
    else
        Drop(packet);
}
else
    Drop(packet);

```

그림 4. 큐 관리 알고리즘
Fig 4. Queue Management algorithm

IV. 프로토콜 제안

4.1. 실험 환경

본 논문에서는 큐 기반의 기존 알고리즘, RIO 모델이 적용된 알고리즘, 제안한 알고리즘의 폐기율 및 처리량을 비교한다. 제안한 메커니즘의 성능을 평가하기 위해 그림 5와 같이 노드를 구성하여 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션에 사용된 노드는 n1~n12로 n1~n11은 패킷 생성과 중계를 하는 노드이고, n12는 싱크 노드로서 패킷 수신만 한다. 네트워크의 혼잡을 발생시키기 위해 노드 n9, n11의 센싱 패킷을 n10으로 송신한다. 이때 노드에서 패킷 폐기가 발생하면 자동으로 재전송한다고 가정한다. 소스 노드들은 500ms 시간을 주기로 센싱 데이터를 생성하고 센싱 패킷의 우선순위를 임의로 결정한다.

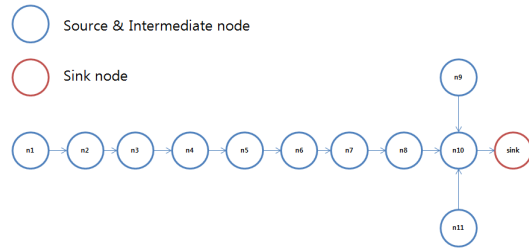


그림 5. 시뮬레이션 노드 구성도
Fig 5. Simulation Node Structure map

네트워크의 혼잡을 발생시키기 위해 노드 n5의 센싱 패킷을 n4로 송신한다. 이때 노드에서 패킷 폐기가 발생하면 자동으로 재전송하고, 네트워크 상 각 노드의 싱크로부터의 거리는 주기적으로 노드 간 라우팅 테이블 교환 방식을 통하여 갱신된다고 가정한다. 소스 노드들은 500ms 시간을 주기로 센싱 데이터를 생성하고 센싱 패킷의 우선순위를 임의로 결정한다.

시뮬레이션 방법은 각 알고리즘이 적용된 네트워크에서 각 노드들의 패킷 폐기가 발생하면 해당 패킷의 홉 카운트와 우선 순위정보를 일괄 저장하여 패킷 폐기율과 폐기된 패킷의 재전송에 대한 추가 에너지 필요량을 계산하였다.

4.2. 시뮬레이션 결과 및 분석

네트워크 구조 상 각 노드의 부하량은 $n1 = n9 = n11 < n2 < n3 < n4 < n5 < n6 < n7 < n8 < n10$ 순으로 크다.

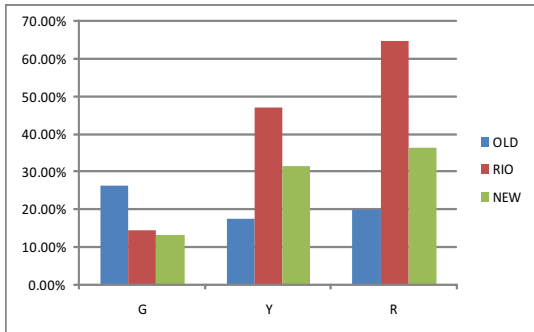


그림 6. 평균 폐기율
Fig 6. Average Drop Rate

그림 6은 각 알고리즘의 평균 패킷 폐기율을 패킷의 중요도에 따라 비교한 그래프이다. 기존 알고리즘의 경우 26.44%, 17.68%, 20.13%으로 패킷의 우선순위에 관계 없이 폐기율이 적용됨을 알 수 있다. RIO의 경우 14.53%, 47.05%, 64.72%로 우선순위에 따른 폐기율의 차등 적용됨을 알 수 있다. 제안한 알고리즘의 경우 13.26%, 31.62%, 36.66%로 전반적으로 RIO보다 폐기율이 낮다. 개개의 노드에서 처리량 및 폐기율을 살펴보면, 전반적으로 제안한 알고리즘의 처리량이 높다. 또한 대부분의 노드에서 패킷의 우선순위에 따른 차등 폐기율도 동일한 결과를 보여주고 있다.

추가 에너지양 E 는 각 노드에서 폐기된 패킷에 대해 1 hop 재전송에 사용되는 에너지를 e 라고 할 때, 폐기된 패킷의 홉 정보 H_{rt} 를 이용하여 계산한다.

$$E = e \times H_{rt} \tag{3}$$

각 알고리즘 별 추가 에너지 필요량을 계산한 결과를 표 1에 나타내었다.

표 1. 노드 n10의 패킷 폐기량
Table 1. The amount of packet drops in Node n10

노드	알고리즘		
	OLD	RIO	NEW
1	0	0	0
2	49	61	7
3	49	61	7
4	120	49	43
5	175	58	67
6	244	65	82
7	237	80	88
8	232	130	134
9	0	0	0
10	1,663	1,713	1,557
11	0	0	0
합계	2,769	2,217	1,985

노드 n10이 가장 높은 패킷을 폐기 하는 것으로 나타난다. 이것은 노드 n10의 부하량이 가장 높음을 의미하며 위에서 언급했다.

표 2는 가장 많은 패킷을 처리하는 노드 n10의 폐기된 패킷의 추가 에너지 소비량을 거리 별로 나타낸 것이다. 패킷 폐기량을 살펴보면 기존 알고리즘의 경우 223회,

표 2. 노드 n10 에너지 소비 분석
Table 2. Each Algorithm Node n10 Energy Consumption Analysis

거리	OLD			RIO			NEW		
	Green	Yellow	Red	Green	Yellow	Red	Green	Yellow	Red
2	45	49	79	104	43	37	78	53	47
3	3	5	11	13	0	0	6	0	0
4	2	2	12	8	0	0	4	0	0
5	1	0	3	4	0	0	5	0	0
6	1	2	3	8	0	0	5	0	0
7	1	0	3	9	0	0	5	0	0
8	0	0	0	8	0	0	3	0	0
9	1	1	0	7	0	0	1	0	0
합계	54	59	110	161	43	37	107	53	47
전체 Drop 패킷	223			241			207		
거리 기반 합계	134	142	293	537	86	74	313	106	94
총 에너지	569			697			513		

Rio는 241회, 제시한 알고리즘은 207회로 제안한 알고리즘이 가장 작은 패킷을 폐기 하였다.

또한 거리를 기반으로 한 추가 에너지 소비량은 기존 알고리즘이 569, Rio는 697, 제안한 알고리즘이 513로 기존 알고리즘에 비해 9.84% 감소하고, Rio에 비해 26.39% 감소한다. 또한 노드 n10에서 가장 많은 재전송 거리를 요구하는 9 hop 의 거리 정보를 갖는 패킷의 수신 횟수는 기존 알고리즘이 21회, Rio 가 38회, 제안한 알고리즘의 경우 47회로 가장 많은 패킷을 수신하였다. 따라서 먼 곳에서 전송된 패킷이 폐기 될 경우, 재전송으로 인한 추가적인 에너지 손실로 인한 에너지 효율이 감소한다. 본 논문에서 제시한 알고리즘은 패킷의 hop 정보를 이용하여 폐기율을 정하기 때문에, 재전송으로 인한 추가적인 에너지 손실을 예방할 수 있고, 패킷의 중요도에 따른 차등 폐기율 적용을 통해 높은 중요도의 패킷의 전송 확률을 높임으로써 응용에 따른 QoS를 지원 할 수 있다.

V. 결 론

센서 노드들의 효율적인 에너지 사용은 무선 센서 네트워크에서 매우 중요한 문제이다. 센서 노드들은 에너지의 대부분을 통신에 사용하기 때문에 신뢰성 보장을 위한 패킷 재전송은 추가적인 에너지 소비의 원인이 된다. 기존 알고리즘은 큐의 점유율에 따라 패킷을 폐기하기 때문에 패킷 중요도에 따른 QoS를 지원할 수 있지만, 에너지 소비 측면에서는 제시한 알고리즘 보다 비효율적이다.

본 논문에서는 패킷의 우선순위와 혼잡 레벨뿐만 아니라 패킷의 전송 거리를 고려하여 패킷의 전송여부를 결정하는 트래픽 제어 메커니즘을 제안하였다. 수신된 패킷의 재전송 거리가 멀수록 낮은 폐기율로 처리하여 에너지 효율성을 향상시킬 수 있으며 이를 시뮬레이션을 통해 확인하였다. 향후 제안된 트래픽 제어 메커니즘의 기본 원리를 대규모 네트워크 환경에 적용시켜 높은 에너지 효율성과 QoS 보장하는 트래픽 제어 메커니즘에 대한 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2011-(C1090-1121-0009))

참고문헌

- [1] Ian F. Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam, and Erdal Cayirci, "A Survey on Sensor Networks", IEEE Communication. Magazine. 2002.
- [2] Ian F. Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam, and Erdal Cayirci, "Wireless sensor networks: A survey", Computer Networks, vcl. 38, no. 4, 2002, pp. 393-422.
- [3] K. Sohrabi, J. Gao, B. Allawadhi, and G. Pottie., "Protocols for self-organization of a wireless sensor network", IEEE Pers.l Commun., vol. 7, no. 5, pp.16-27, Oct. 2000.
- [4] C.-Y. Wan, S. B. Eisenman, and A. T. Campbell, "CODA:Congestion detection and avoidance in sensor networks", 2003 ACM Conference on Embedded Networked Sensor System (Sensys'03), Los Angeles, CA, pp. 266-279, Nov. 2003.
- [5] S.-J. Park, R. Vedantham, R. Sivakumar, and Ian F. Akyildiz, "A scalable approach for reliable downstream data delivery in wireless sensor networks", 2004 ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing (MobiHoc'04), Roppongi, Japan, pp. 78-89, May. 2004.
- [6] S.-J. Park, R. Vedantham, R. Sivakumar, and Ian F. Akyildiz, "GARUDA: Achieving Effective Reliability for Downstream Communication in Wireless Sensor Networks", IEEE Transactions on mobile computing, vol. 7, no. 2, pp.214-230, Feb. 2008.
- [7] Y.G.Iyer, S.Gandham, and S. Venkatesan, "STCP: A generic transport layer protocol for wireless sensor

- networks", 2005 14th IEEE International Conference on Computer Communications and Networks (ICCCN'05), San Diego, CA, pp. 449-454, Oct. 2005.
- [8] Sally Floyd and Van Jacobson, "Random Early Detection Gateways for Congestion Avoidance", IEEE/ACM Transactions on networking, vol. 1, no. 4, pp.397-413, Aug. 1993.
- [9] Sally Floyd, Ramakrishna Gummadi and Scott Shenker, "Adaptive RED: An Algorithm for Increasing the Robustness of RED's Active Queue Management", Aug. 2001.
- [10] R. Makkar, I. Lambadaris, J. H. Salim, N. Seddigh, B. Nandy, J. Babiarz, "Empirical Study of Buffer management Scheme for Diffserv Assured Forwarding PHB", Computer Communications and Networks, pp. 632-637, 2000.
- [11] Ian F. Akyildiz, T. Melodai, and K. R. Chowdury, "A Survey on Wireless Multimedia Sensor Networks", Computer Networks (Elsevier), vol. 51, no. 4, pp. 921-960, March 2007.

저자소개



장용재(Yong-Jae Jang)

2010년 순천대학교 멀티미디어 공학과 졸업(공학사)
2011년 순천대학교 멀티미디어 공학과 석사과정 재학중

※ 관심분야: WSN, 인터넷 QoS



박경욱(Kyoung-Wook Park)

1996년 8월: 순천대학교 전자계산학과 졸업(이학사)
1999년 8월: 전남대학교 전산통계학과 졸업(이학석사)

2004년 8월: 전남대학교 전산학과 졸업(이학박사)
※ 관심분야: 병렬 및 분산처리, 그래프 이론, 알고리즘



이성근(Sung-Keun Lee)

1985년 고려대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1987년 고려대학교 대학원 전자공학화 졸업(공학석사)

1995년 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

2004년 ~ 2005년 : UC Davis 컴퓨터과학과 방문교수
1997년 ~ 현재 순천대학교 멀티미디어공학과 교수
※ 관심분야: WSN, 멀티미디어 통신, 인터넷 QoS