
무선 센서 네트워크에서 혼잡 제어 메커니즘

주정란* · 이성근*

A Congestion Control Mechanism in Wireless Sensor Networks

Jeong-ran Joo* · Sung-keun Lee*

요약

무선 센서 네트워크는 다수의 센서 노드로 구성되며, 센서 노드들의 협력 작업을 통해 하나의 공통 작업을 수행한다. 본 논문은 무선 센서 네트워크에서 발생하는 일시적인 혼잡상황을 제어하기 위해 기존의 ECN 메커니즘과 크로스 레이어 기술을 적용한 혼잡제어 메커니즘을 제안하였다. 성능분석을 위해 NS-2 시뮬레이터를 이용하여 무선 센서 네트워크에 혼잡상황 발생시 싱크 노드에서의 패킷 처리율을 분석하였다. 시뮬레이션 결과는 제안된 메커니즘이 무선 센서 네트워크의 혼잡에 효과적으로 대응함을 나타내었다.

ABSTRACT

Wireless Sensor Network(WSN) is composed of a large number of sensor nodes and accomplish a common task such as environment monitoring or asset tracking. This paper proposed a congestion control mechanism applying the ECN mechanism and the cross layer design to cope with temporal congestion in WSN. We experimented with the proposed congestion control mechanism using ns-2 simulator and measured the throughput of sink node. Simulation results show that the suggested mechanism can improve the performance of packet throughput by dealing with the congestion of network efficiently.

키워드

Wireless Sensor Networks, Congestion Control, Cross Layer Design, ECN

1. 서론

무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Networks, WSN)는 응용 목적에 필요한 특정 현상을 감지하기 위해 다수의 센서 노드들이 센서 필드에 배치되어 네트워크를 구성하는 데이터 중심적인 네트워크이다[1]. 최근 저가의 초소형, 저전력, 다기능을 가진 센서 노드의

개발로 국내외적으로 WSN에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 센서노드들은 현상 감지부, 데이터 처리부, 무선 통신부로 구성되고, 배터리를 통하여 제한된 에너지를 공급받게 된다. 배터리를 모두 소모한 센서 노드는 더 이상 정상적인 센싱 및 라우팅 기능을 수행할 수 없다. 따라서 WSN에 대한 연구는 네트워크 수명을 극대화 시킬 수 있도록 에너지를 효율적으로 소비하는 MAC 프로토콜과 라우팅 프로토콜에 대해 집

* 순천대학교 정보통신공학부 멀티미디어공학전공
심사완료일자 : 2007. 05. 17

접수일자 : 2007. 04. 10

증되고 있다. 또한 데이터 송수신에 가장 많은 에너지가 소비된다는 분석 결과에 따라 동일한 센싱 정보를 포함하는 다수의 데이터를 통합하거나 중복되는 데이터를 삭제하는 데이터 통합기법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으나, 일반적인 네트워크의 중요한 요소인 서비스 품질 보장 및 혼잡 제어 메커니즘에 대한 연구는 상대적으로 미진한 상태이다[2]. 그러나 최근 WSN이 실시간 모니터링 등 다양한 응용 서비스에 적용됨에 따라 지연, 처리율 등 서비스 품질 보장에 대한 요구가 증대되고 있으며, 어떠한 이벤트가 발생되면 근처에 존재하는 다수의 센서 노드들로부터 동시에 많은 데이터가 버스트하게 전송되는 특성 때문에 국지적이고 순간적 혼잡이 발생함으로써 패킷 손실과 전송지연 등으로 전송효율이 급격히 낮아질 가능성에 대한 대처가 필요하다. 특히, 무선채널을 이용하여 데이터를 전송하는 WSN에서는 채널 오류 등으로 인한 혼잡이 발생할 수 있고, 노드의 배터리 교환이 어려움에 따라 불필요한 재전송에 기인하여 에너지를 소비하는 동작을 할 경우 네트워크 전체의 에너지 효율이 나빠지게 되는 문제가 발생하게 되므로, WSN 특성을 고려한 혼잡 제어 메커니즘이 요구된다. 본 논문에서는 기존 유선망의 TCP 기반 혼잡제어 메커니즘에 적용된 ECN[3]과, 프로토콜 계층들 간의 직접적인 상호협력력을 통해 유용한 정보를 효과적으로 공유할 수 있는 크로스 레이어 디자인[4]을 적용하여 WSN에서 발생한 순간적인 혼잡 상황에 대응하여 데이터 전송효율을 높일 수 있는 혼잡제어 메커니즘을 제안하고, ns-2 시뮬레이터를 이용하여 시뮬레이션 방법으로 성능분석을 수행한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 WSN 관련 기술 및 최근 WSN 분야에서 활발하게 적용되고 있는 크로스 레이어 설계 기법에 대해 분석한다. 3장에서는 TCP 기반 ECN 메커니즘을 분석하고, 이를 기반으로 WSN에서의 트래픽 혼잡을 제어하는 알고리즘을 제안한다. 4장에서는 제안한 알고리즘에 대한 성능 분석을 수행하며, 5장에서는 본 논문의 결론 및 향후 연구 방향에 대해 언급한다.

II. 센서 네트워크 개요 및 관련 기술

본 장에서는 WSN 관련 기술 및 최근 무선 통신

프로토콜 설계에 다양하게 적용되고 있는 크로스 레이어 설계 기법에 대해 분석한다.

2.1 무선 센서 네트워크 개요

WSN은 그림 1에 나타낸 바와 같이 무선 네트워크의 새로운 형태로 센서 노드들이 배치된 공간을 의미하는 센서 필드와 외부 망을 연결하는 싱크 노드로 구성된다. 센서 노드들은 대개 센서 필드에서 산발적으로 분포되어 있으며, 각 센서 노드들은 데이터를 수집하고, 수집된 데이터는 다중 홉 기반 무선 네트워크를 통해 싱크 노드로 전달된다[1][5].

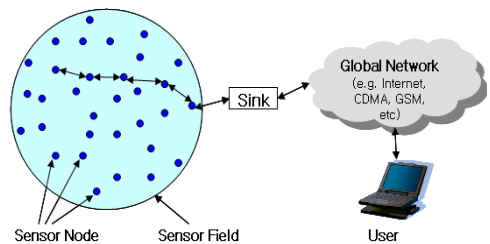


그림 1. 무선 센서 네트워크 구성도
Fig. 1 Typical wireless sensor network

싱크 노드는 WSN 내의 센서 노드들을 관리하고 제어하며 센서 노드들이 감지한 데이터를 수집하고, 사용자로부터 질의 메시지를 받고 이를 적절한 센서 노드로 보내는 역할을 수행한다. WSN은 정보 가전, 의학용, 환경감시용, 군용 등 다양한 응용 분야에서 사용이 가능하다. 센서 네트워크는 전통적인 유선 네트워크나, 무선 네트워크와는 다른 특성들을 가지고 있기 때문에 이들을 파악하여 연구에 반영하는 것은 매우 중요하다. WSN은 기존의 Ad-hoc 네트워크와 유사한 특성을 가지고 있으나, 배치되는 노드의 개수, 데이터 전송 패턴 및 노드의 자원 한계성 등에 많은 차이점을 가지고 있어, 기존 애드 혹 기술을 WSN에 그대로 적용하기에는 무리가 따른다. WSN 프로토콜 구조는 일반적인 유무선 프로토콜 구조와 비슷한 물리 계층, 데이터 링크 계층, 네트워크 계층, 전송 계층 그리고 응용 계층으로 구성되며, MAC 프로토콜과 라우팅 프로토콜에 대해 많은 연구가 진행되었다. MAC 계층은 매체 접속, 에러 제어를 담당하는 계층으로 데이터 전송을 위한 통신

링크 구성과 자원의 효율적인 공유를 목적으로 하며, 센서 노드의 sleep/active mode 제어와 전송 프레임 오버헤드의 최소화로 인한 에너지 절감과 전송중의 충돌 및 중복 수신으로 인한 전력 손실의 최소화가 요구된다[2]. 네트워크 계층은 데이터의 라우팅 및 데이터 통합을 수행하는 계층으로써 에너지 소비를 고려한 라우팅 알고리즘의 개발이 요구된다[6].

2.2 크로스 레이어 설계 (Cross Layer Design)

WSN은 무선 통신을 기반으로 구성되므로 전통적인 유선 통신 기술과 많은 차이를 가지고 있으며, 가장 큰 차이는 유선 통신에서의 링크의 개념이 없다는 것이다 [7]. 무선 환경에서의 통신은 상호간섭, 페이딩 등의 요인으로 인해 채널 상태가 상대적으로 불안한 특성을 가지고 있고, 시간에 따라 변화하는 링크의 품질을 고려하여 채널의 기회적인 사용을 제공해야 하며, 다양한 무선 매체에 적합한 새로운 통신 형식을 지원하여야 한다. 그러나 유선 환경에 적합하게 고려된 기존의 OSI 7 계층 참조 모델에 기반한 계층적인 구조는 위와 같은 특성을 고려하지 않고 설계되어서, 무선 환경에서는 비효율적이다[8]. 따라서 무선 환경에서의 효율적인 통신을 위하여 다양한 크로스 레이어 설계 기법들이 제안되고 있다.

기존의 통신 프로토콜은 TCP/IP 프로토콜 스택과 같이 다수의 계층으로 구성되고, 각 계층별로 제공되는 서비스가 정의되어 있다. 각 계층은 그 계층 내에서 어떤 동작을 취하거나, 바로 아래 계층의 서비스를 이용함으로써 상위 계층에서 서비스를 제공한다. 계층화된 구조에서는 인접해 있지 않는 계층들의 직접 통신을 금지하고, 인접한 계층들 간의 통신은 프로시저 호출과 응답으로 제한된다[9]. 그러나 무선 네트워크에서의 효율성을 증대시키기 위해 계층 간의 직접 통신이나 계층들 간의 변수를 공유하는 것이 필요하다. 계층화된 구조에서의 이러한 위반들을 크로스 레이어 기반 설계라고 하며, 특히 자원의 한계성을 지니고 있는 무선 센서 노드 간의 통신 프로토콜 설계에 적용되고 있는 추세이다. 구조 위반에는 계층들 간에 새로운 인터페이스를 생성하거나 계층의 경계를 재정의 하는 방법 등이 있다. 그림 2에 크로스 레이어 설계에서 계층 간 상호작용을 위한 대표적인 방법인 직접통신, 공유 데이터베이스

이 사용 및 새로운 추상적 구현에 대해 나타내었다.

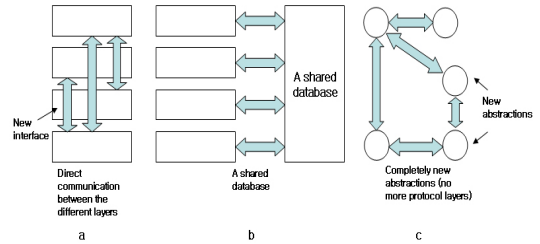


그림 2. 크로스 레이어 설계 기법의 예
Fig. 2 Examples of cross layer design

III. WSN 혼잡 제어 메커니즘

본 장에서는 TCP의 혼잡제어 기법과 ECN 메커니즘에 관하여 간략하게 분석하고, ECN과 크로스 레이어 설계를 적용하여 WSN의 혼잡 제어 메커니즘을 제안한다.

3.1 TCP 혼잡 제어 및 ECN 메커니즘

통신망에 유입되는 데이터의 양이 늘어나서 망 내에 처리할 수 있는 한계 용량 이상이 되면 혼잡이 발생하게 된다. 중계 노드의 큐에 오버플로우 현상이 나타나고, 패킷 손실이 발생하게 되고 이로 인해 통신망 성능이 급격히 저하된다. 따라서 통신망의 혼잡 상태를 고려하여 통신망에 유입되는 데이터의 양을 조절하는 다양한 TCP 기반 혼잡 제어 기법들이 제안되었다. ECN(Explicit Congestion Notification) 메커니즘은 통신망의 혼잡 발생 가능성을 미리 탐지하여 이를 송신 측에 명시적으로 알려 전송 속도를 조절하는 방식을 사용한다. 중계 노드는 패킷이 출력 큐에 도착할 때 다음과 같은 동작을 수행한다. 먼저, 큐의 평균길이를 계산하고, 이 값을 미리 정의된 두 개의 경계 값과 비교하고, 혼잡 상태 정보를 패킷 헤더에 포함시켜 목적지로 전달한다. 즉, 혼잡 발생이 예상되면 도착하는 패킷 헤더의 CE(Congestion Experienced) 비트를 1로 마킹하여 목적지로 전송한다. 패킷이 목적지에 도착하면, 수신자는 중간 노드의 혼잡 정보를 송신자에게 알려주

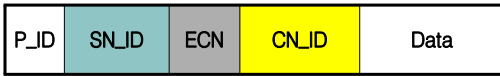
기 위해 CE 비트를 헤더에 존재하는 ECN-Echo 플래그에 그대로 복사하여 ACK 패킷을 전송한다. ECN-Echo 플래그가 세팅된 ACK 를 수신한 송신자는 자신의 송신 윈도우의 크기를 반으로 감소하는 등 적절한 혼잡 제어 메커니즘을 수행하고, 다음에 전송할 패킷에 Congestion Window Reduced 플래그를 세팅하여 보냄으로써 혼잡에 대비하여 전송을 감소 시켰다는 것을 수신자에게 알려주어, 수신자가 더 이상 혼잡을 예고하는 ACK 을 보내지 않도록 한다[3].

3.2 ECN 기반 혼잡 제어 메커니즘 제안

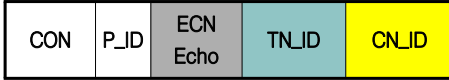
TCP 기반 혼잡 제어 메커니즘을 WSN과 같은 무선 통신망에 그대로 적용시킬 경우 불안정한 링크에 의한 데이터 손실을 혼잡으로 인한 패킷손실로 오해하고, 불필요하게 전송률을 줄이게 되어 통신망의 성능이 저하시킬 수 있는 문제점이 발생하게 된다[10]. 또한 애드혹 네트워크의 경우 에너지 고갈시 배터리 교환이 가능하지만 WSN에서는 배터리 교환이 어려움에 따라 재전송과 같이 에너지를 소비하는 동작을 할 경우 네트워크 전체의 에너지 효율이 나빠지게 된다. WSN에서 데이터 전송에 따른 전력소모를 줄이기 위해 두 개 이상의 센서 노드의 데이터를 취합하여 한꺼번에 보내거나 중복 데이터를 삭제하여 보내는 데이터 통합 기법이나 센서 네트워크에 적합하도록 고려된 에너지 효율적인 라우팅 방식 등을 사용함으로써 네트워크의 성능과 생존 시간을 향상시키고 있다. 그러나 이러한 방법으로 네트워크의 성능과 생존 시간이 향상된다 할지라도 각 센서 노드들이 한꺼번에 데이터 전송을 시작하는 경우나 라우팅 경로가 특정 노드에 집중될 경우 국지적이고 순간적 혼잡으로 인하여 패킷 손실 및 지연이 발생함에 따라 예상되는 데이터 전송효율 저하를 크게 고려되지 않고 있다. 본 논문에서는 크로스 레이어 설계 기법을 적용한 프로토콜 구조에서 센서 노드에 기존의 ECN 메커니즘을 응용하여 패킷을 송신하는 송신 노드에게 전송 경로의 혼잡발생 정보와 혼잡발생 위치를 제공함으로써 송신자가 패킷 전송 경로를 변경하거나 패킷 전송률을 낮추어 혼잡을 제어할 수 있는 메커니즘을 제안한다. 제안된 메커니즘의 성능분석을 위한 가정은 다음과 같다.

- 센서 필드 내의 모든 노드들은 이동성이 없는 정적 노드로 가정한다.
- 각 센서 노드는 다중 홉 라우팅 방법을 이용하여 패킷을 전송한다.
- 각 센서 노드는 싱크까지의 전송 경로와 우회 경로를 포함한 라우팅 테이블을 가지고 있다고 가정한다.
- 패킷 손실이 발생하였다 하더라도 재전송을 하지 않는다.
- 싱크 노드를 제외한 모든 센서 노드들은 동일한 특성을 가지고 있으며, 동일한 에너지를 보유하고 있다.
- 싱크 노드에서는 수신된 패킷에 대한 ACK 패킷을 전송하지 않고, 중간 노드에서 혼잡이 발생했을 경우에 발신자에게 혼잡 상태 정보 패킷을 전달한다.
- 크로스 레이어를 사용하여 물리계층의 정보를 습득함으로써 무선 채널상태가 일정한 값 이상일 경우에만 패킷을 전송하며, 네트워크 계층과 전송망 계층 간의 상태 정보를 공유한다.
- WSN 전송계층 프로토콜에 대한 다양한 연구가 진행중이다. 본 논문에서 혼잡제어 메커니즘의 성능 분석을 위해 TCP 프로토콜과 유사한 전송 계층 프로토콜을 사용한 것으로 가정한다.

ECN 비트를 이용한 혼잡제어 메커니즘을 위하여 그림 3과 같이 패킷 헤더에 ECN 비트를 나타내기 위한 필드와 혼잡이 발생한 노드를 나타내는 CN_ID (Congestion Node ID) 필드를 추가하였다. 또한 혼잡 상태 정보 패킷에는 ECN 비트가 싱크에 마킹되어서 도착했음을 알리는 ECN Echo Flag와 패킷의 목적지를 나타내는 Target node ID 와 전송된 패킷에서 추출한 혼잡이 발생한 노드의 ID 인 CN_ID를 포함하였다. 송신노드는 싱크 노드로 전송할 정보가 있는 경우 물리계층에서 관리하는 SNR (signal to noise ratio) 정보를 접근하여 SNR이 일정 값 이상일 경우 패킷을 전송한다. 이후, 혼잡 상태 정보 패킷을 수신하면 패킷 내의 TN_ID 가 자신의 노드 ID 일 경우 자신의 라우팅 테이블을 검사하여 혼잡이 발생한 노드측, CN_ID 가 포함되지 않은 전송경로가 있는지 검색한다.



(a) ECN 메커니즘을 적용한 패킷 구조



(b) 혼잡 상태 정보 패킷 구조

그림 3. 패킷 헤더와 제어 패킷의 구조
Fig. 3 Formats of header and control packet

혼잡이 발생한 노드가 포함되지 않은 전송경로가 있는 경우는 가장 순위가 높은 경로로 패킷 전송 경로를 변경한다. 혼잡이 발생한 노드가 포함되지 않은 전송경로가 존재 하지 않을 경우 현재 패킷 전송률의 1/2로 패킷 전송률을 감소시켜 기존의 전송 경로를 통하여 패킷을 전송한다. 그림 4 에 송신 노드의 동작 알고리즘을 나타내었다.

패킷을 수신한 중계 노드는 자신의 패킷 수신 버퍼의 용량(RB_{avg})을 확인하고 수신 버퍼의 용량이 임계치 (RB_{th}) 이하일 경우는 패킷을 다음 경로로 전송한다.

```

while (buffer packet exist)
  get SNR
  if SNR  $\geq$  SNRmin
    send packet
  else
    delay
end while
on receiving ACK:
  set best_route none
  for route in routing_table
    if (it  $\notin$  CN_ID) & (it > best_route)
      set best_route = it
    end for
  if best-route  $\neq$  none
    set sending_route = best_route
  else
    reduce sending_rate 1/2
  
```

그림 4. 송신노드의 동작 알고리즘
Fig. 4 Transmission algorithm in sender

```

on receiving packet:
while (RBavg  $\leq$  RBth)
  get SNR
  if SNR > SNRmin
    relay packet
  else
    delay
end while
while (RBavg > RBth)
  mark ECN = 1
  set CN_ID = M_ID
  get SNR
  if SNR  $\geq$  SNRmin
    relay data
  else
    delay
end while
  
```

그림 5. 중계노드의 동작 알고리즘
Fig. 5 Transmission algorithm in transit node

그러나 수신버퍼의 용량이 임계치를 넘어설 경우 중계노드는 자신이 혼잡 발생 상황이거나 혼잡 직전 상황인 것으로 감지하고 수신한 패킷의 헤더의 ECN 필드를 1 로 마킹하고 CN_ID 필드에 자신의 노드 ID 를 입력하여 다음 노드로 전송한다. 싱크노드는 수신한 패킷의 ECN 필드를 검사하여 필드 값이 0일 경우 패킷을 정상적으로 처리한다. 만약 필드가 1로 마킹되어 있을 경우에는 혼잡 상태 정보 패킷을 송신 노드로 전송한다. 이때 패킷내에는 싱크 노드가 마킹된 데이터를 받았음을 알려주는 ECN Echo flag와 송신 노드를 나타내는 TN_ID, 혼잡 발생 노드를 나타내는 CN_ID 정보가 포함된다. 그림 5, 6 에 중계 노드 및 싱크 노드의 혼잡 제어 알고리즘을 각각 나타내었다.

```

if packet.ECN = 0
    exit NORMAL
else
    set ECN Echo,
    set TN_ID,
    set CN_ID
    get SNR
    if SNR > SNRmin
        reply ACK
    else
        delay
    exit NORMAL
    
```

그림 6. 싱크 노드의 혼잡제어 알고리즘
Fig. 6 Transmission algorithm in sink node

IV. 시뮬레이션 및 결과 분석

4.1 NS-2 시뮬레이터

제안된 혼잡제어 메커니즘의 성능을 평가하기 위하여 이벤트 기반의 시뮬레이터인 NS-2 시뮬레이터를 사용하였다[11]. NS-2 는 TCP SYN/FIN 패킷을 지원하는 양방향 TCP, CBQ 스케줄링 알고리즘, 동적 라우팅 알고리즘, 멀티 캐스팅 프로토콜, 트래픽 흐름 관리자, 텔넷 소스 등 뿐만 아니라 다중경로 라우팅, RTP, SRN, 집중형 멀티캐스트, Mobile-IP 프로토콜을 위한 이동 호스트 지원, SFQ, FQ, DDR과 같은 스케줄링 알고리즘 등을 지원한다. 또한 무선 네트워크 관련 프로토콜들은 계속해서 기능 추가 및 성능 개선 작업이 이루어지고 있으며, 누구나 무상으로 인터넷에서 프로그램을 다운로드 받아 사용이 가능하므로 현재 가장 널리 사용되고 있는 유·무선 네트워크 시뮬레이션 도구이다.

4.2 시뮬레이션 환경

본 논문에서 제안한 혼잡제어 메커니즘의 성능 평가를 위하여 그림 7과 같이 900 × 800 영역에 6개의 센서 노드와 1개의 싱크 노드를 배치하였다. 6개의 센서 노드의 위치는 고정되어 있으며 각 노드는 DSR(Dynamic Source Routing) 라우팅 알고리즘을 이용하여 경

로를 설정한다. 각 센서 노드의 에너지는 센서 네트워크의 데이터 처리능력에 집중하기 위하여 별도로 고려하지 않았다. 모든 패킷 전송은 무선채널을 통하여 이루어지며 채널은 데이터를 전송하기 위한 전송채널과 싱크에서 각 노드로 제어신호를 전송하기 위한 제어채널로 구성된다.

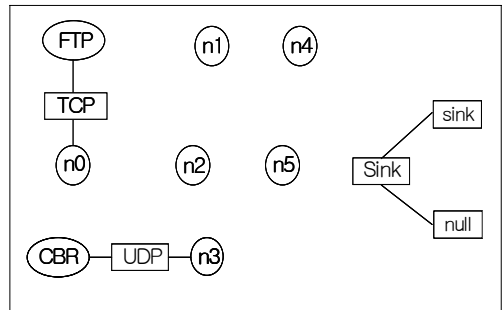


그림 7. 시뮬레이션 구성도
Fig. 7 Network topology for simulation

시뮬레이션은 250초 동안 진행되고 노드 n0 과 노드 n3 에서 각각 FTP 및 CBR 트래픽을 싱크 노드로 전송하게 하여, 시간에 따른 패킷 처리량을 측정하였다. TCP 버전은 TCP-Reno 를 사용하였다. 표 1에 시뮬레이션의 기본적인 설정 값을 나타내었다. 제안된 메커니즘의 성능향상 비교를 위해서 TCP의 혼잡제어방식을 제외한 모든 매개변수 값들은 동일하게 설정하였다.

표 1. 시뮬레이션 환경
Table 1. Simulation parameter

Parameter	Value
네트워크 크기	900 × 800
실험 시간	250초
소스 노드	6개
Queue	Drop Tail/PriQueue
Queue Length	50 byte
MAC	IEEE 802.11
채널	무선채널

그림 8은 노드 n0 및 n3에서 FTP 및 CBR 트래픽이 생성 모델을 나타낸다. 먼저 시뮬레이션 일반적인 상황에서의 TCP의 혼잡제어를 살펴보기 위하여 5초에

FTP 에서 트래픽을 생성을 시작하여 싱크 노드로 패킷을 전송하기 시작하였다. TCP 의 패킷 크기는 NS-2 기본 설정 값인 1000 바이트이고 싱크가 패킷을 수신하기 위한 수신 윈도우 사이즈는 2000 MSS 로 설정하였다. 그리고 센서 네트워크상에 혼잡상황을 일으키기 위하여 n3의 CBR에서 130초부터 180초까지 1000 바이트의 데이터를 150 Kbps의 속도로 무선 채널을 통하여 싱크로 전송하도록 설정하였다. FTP는 240초에 동작을 멈추고 10초 후인 250초에 전체 시뮬레이션이 종료된다.

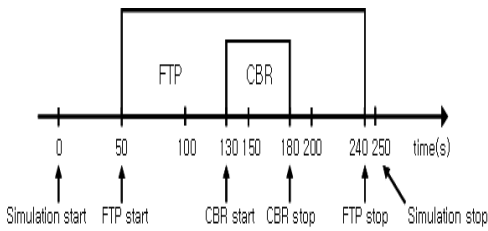


그림 8. 트래픽 생성 모델
Fig. 8 Traffic generation model

4.3 시뮬레이션 결과

그림 9는 네트워크에 혼잡이 발생 할 때 TCP의 패킷 처리율이다. CBR 이 대량의 트래픽을 발생시키는 130초 에서 180초 사이에 급격한 처리율 감소가 있음을 확인할 수 있다. 그림 10은 본 논문에서 제안한 혼잡제어 메커니즘의 처리율을 나타낸다. 130초에서 180초 사이에 CBR 트래픽 발생으로 인하여 처리율 감소를 나타내고 있는 그림 9의 그래프와는 달리 네트워크의 혼잡에도 싱크 노드로 전달되는 패킷의 처리율이 크게 영향을 받지 않음을 보여준다. 따라서 제안된 혼잡제어 메커니즘이 센서 네트워크의 혼잡제어에 효과적임을 알 수 있다. 그러나 제안한 알고리즘의 정확한 성능 분석을 위해서는 향후 다양한 네트워크 구조 및 트래픽 소스를 포함한 센서 네트워크 환경을 고려하여 성능평가를 수행하여야 할 것이다.

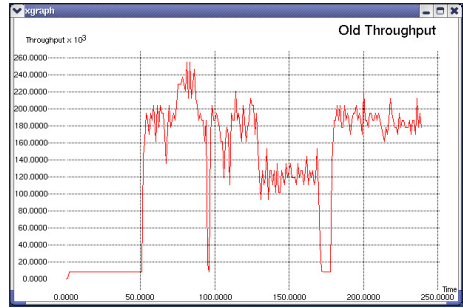


그림 9. 기존 싱크 노드의 데이터 처리율
Fig. 9 Throughput in sink node (old)

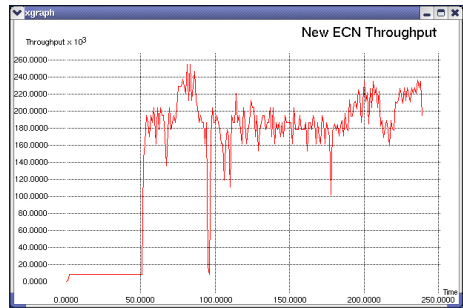


그림 10. 제안된 메커니즘의 처리율
Fig. 10 Throughput of proposed mechanism

V. 결론

무선 센서 네트워크는 무선 통신을 이용하여 데이터를 전송하며 센서 노드가 센서 필드에 대량으로 배치되고 제한된 에너지사용의 고려가 필수적이다. 따라서 유선통신을 사용하면서 에너지 사용에 제한이 없는 유선 네트워크나, 배터리의 재충전이나 교환이 가능한 무선 혹은 애드 혹 네트워크와는 다른 방법들을 요구하게 된다. 기존의 유선 및 무선 네트워크를 위하여 제안된 혼잡제어 기법들은 무선 센서 네트워크에 그대로 적용될 경우 센서 네트워크의 특성으로 인하여 비효율적인 동작을 수행할 수 있다. 본 논문에서는 크로스 레이어 디자인이 적용된 프로토콜 스택에 기존의 TCP 혼잡제어 기법과 ECN 비트를 응용하여 WSN에서 발생하는 혼잡을 제어하여 데이터 처리율을 향상 시킬 수 있는 메커니즘을 제안하였다. ECN은 혼잡이 발생

될 경우 혼잡을 마킹함으로써 혼잡 윈도우의 사이즈를 조절하는 기법으로 이 논문에서는 혼잡이 일어날 경우 마킹된 패킷을 통하여 혼잡이 발생한 노드를 파악함으로써 해당 노드를 회피하여 전송 경로를 변경하는데 이용하였다. 제안한 메커니즘은 NS-2를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였고 싱크 노드의 패킷 처리율에 대한 성능 분석을 수행하였다. 본 논문에서 제안한 메커니즘은 실시간 감시와 같은 서비스 품질 보장이 요구되는 WSN 응용 분야에 적용될 수 있으며, 제안한 알고리즘의 정확한 성능 분석을 위해서는 향후 다양한 네트워크 구조 및 트래픽 소스를 포함한 무선 센서 네트워크 환경을 고려하여 성능평가를 수행하여야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITA-2006-(C1090-0603-0047))

참 고 문 헌

[1] I. F. Akyildiz and E. Cayirci, "A Survey on Sensor Networks", IEEE Communications Magazine, Vol. 40, No. 8, pp.102-114, August 2002.
 [2] 채동현, 한규호, 임경수, 안순신, "센서 네트워크의 개요 및 기술동향", 정보과학회지, Vol. 22, No. 12, pp.5-12, 2004.
 [3] S. Floyd, "TCP and Explicit Congestion Notification", ACM Comp. Commun. Rev., Vol. 24, pp.10-23, Oct. 1994.
 [4] Y. Zhang and L. Cheng, "Cross-layer optimization for sensor networks", in Proc. New York Metro Area Networking Workshop (NYMAN '03), New York, NY, USA, Sep. 2003.
 [5] K. Sohrabi, J. Gao, V. Ailawadhi and G. J. Pottie, "Protocols for self-organization of a wireless sensor network", IEEE Personal Communications, Vol. 7, No. 5, pp.16-27, Oct. 2000.
 [6] D. Petrovic, R. C. Shah, K. Ramchandran, and J. Rabaey, "Data Funneling: Routing with Aggregation and Compression for WSN", IEEE ICC Int. Workshop on Sensor Network Protocol and Applications, 2003.

[7] V. Kawadia and P. R. Kumar, "A Cautionary Perspective on Cross Layer Design", IEEE Wireless Communication Magazine, July 2004.
 [8] Y. Tian, K. Xu, and N. Ansari, "TCP in Wireless Environments : Problems and Solutions", IEEE Commun. Mag., Vol. 43, No. 3, pp.S27-S32, 2005.
 [9] V. Srivastava and M. Motani, "Cross-layer design: A survey and the road ahead", IEEE Communications Magazine, Vol. 43, No.12, pp.112-119, 2005.
 [10] H. Balakrishnan, and R. H. Katz, "A Comparison of Mechanisms for Improving TCP Performance over Wireless Links", IEEE/ACM Transactions on Networking, Dec. 1997.
 [11] Network Simulator(NS), University of California at Berkeley, CA, 1997. Available via <http://www.isi.edu./nslam>

저자 소개



주정란(Jeong-ran Joo)

2002년 순천대학교 정보통신공학과 (공학사)
 2007년 순천대학교 대학원 (공학석사)
 2007년 6월- 현재 (주)센티움 연구원
 ※ 관심분야 : 무선 센서 네트워크, 멀티미디어 통신



이성근(Sung-keun Lee)

1985년 고려대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
 1987년 고려대학교 대학원 졸업 (공학석사)
 1995년 고려대학교 대학원 졸업 (공학박사)
 1996년 삼성전자 네트워크 개발팀 (선임연구원)
 1997년 ~ 현재 순천대학교 정보통신공학부 부교수
 ※ 관심분야 : RFID/USN, 인터넷 QoS, 멀티미디어 통신, 광대역 프로토콜