
WMSN에서 QoS 보장을 위한 마킹 알고리즘

김정혜* · 이성근** · 고진광* · 정창렬*

A Marking Algorithm for QoS Provisioning in WMSN

Jeonghwe Kim* · Sungkeun Lee** · Jingwang Koh* · Changryul Jung*

요약

무선 멀티미디어 센서 네트워크(Wireless Multimedia Sensor Network : WMSN)는 기존 스칼라 데이터 뿐만 아니라 음성, 이미지, 동영상 등 다양한 멀티미디어 정보를 전달해야 하므로, 다양한 특성을 가진 트래픽을 효율적으로 처리하기 위한 서비스 품질(Quality of Service : QoS)을 지원할 수 있는 메커니즘이 필요하다. 본 논문은 WMSN에서의 트래픽 유형을 주기적 모니터링 트래픽, 이벤트 트래픽, 멀티미디어 트래픽, 쿼리 기반 트래픽으로 분류하고, 각 트래픽 유형에 따라 지연, 에너지 효율성 및 신뢰성에 대해 차별화된 QoS를 제공할 수 있는 마킹 알고리즘과 큐 관리 메커니즘을 제안하고, 시뮬레이션을 통해 성능을 분석한다.

ABSTRACT

Since Wireless Multimedia Sensor Network(WMSN) needs to process various multimedia data such as audio, image and video data as well as scalar data, it requires a mechanism that can support Quality of Service(QoS) to handle efficiently. This paper classifies traffic in WMSN as periodic monitoring traffic, event traffic, multimedia traffic and query-based traffic, proposes marking algorithm and queue management mechanism that guarantee differentiated QoS in terms of delay, energy efficiency and credibility on each traffic and conduct performance analysis with simulation.

키워드

Wireless Multimedia Sensor Networks, QoS, Marking Algorithm, Traffic Control

1. 서론

무선 센서 네트워크(WSN : Wireless Sensor Network)는 온도, 압력, 습도, 위치와 같은 정형화된 물리적인 현상을 모니터링하고, 센싱하여, 싱크 노드로 전달하는 센서 노드들로 구성된 네트워크이다[1].

컴퓨터 기술과 무선 네트워크 기술의 급속한 발전으로 인해 국방 경계, 산불 감시, 환경 탐사, 방법 시

스템, 교통감시 시스템, 건강관리, 모니터 시스템, 공장 자동화 시스템 등 다양한 분야에서 WSN이 주목받고 있다. 또한 최근에 CMOS 카메라와 마이크로폰과 같은 값싼 하드웨어의 개발로 인해 비디오와 오디오, 스틸 이미지, 정형화된 센서 데이터를 모두 센싱할 수 있는 무선 멀티미디어 센서 네트워크(WMSN : Wireless Multimedia Sensor Network)의 개발이 촉진되고 있다.[3]

* 순천대학교 컴퓨터공학과(jhkim@sunchon.ac.kr)
접수일자 : 2010. 03. 05

** 교신저자 : 순천대학교 멀티미디어공학과(sklee@sunchon.ac.kr)
심사완료일자 : 2010. 04. 06

기존의 WSN이 낮은 계산 능력이 요구되는 반면, 멀티미디어 데이터를 센싱하고 저장, 전송해야 하는 WMSN은 높은 계산능력과 대량의 데이터 전송이 필요하게 된다. 그러므로 제한된 배터리 용량을 가지고 있는 네트워크에서 기존의 WSN과 동일하게 처리하기는 무리다.

기존 WMSN 관련 연구들은 전송할 데이터를 모두 같은 형태의 데이터라고 생각하고 처리한다. 하지만 WMSN은 종류와 특성이 다른 네가지 트래픽이 있다. 이 트래픽들은 그 종류에 따라 손실이나 지연을 인내도가 다르다. 모든 트래픽에게 동일한 손실과 지연을 제공하는 것은 자원 활용이 비효율적이고, 전체적인 성능도 저하된다.

본 논문에서는 WMSN 트래픽의 종류와 그 특성에 따라 차별적으로 우선순위를 부여하여 전체적인 성능을 향상시키고, 그에 따라 네트워크의 자원을 할당함으로써 자원의 낭비를 줄이면서 자원활용성을 높였다.

본 논문은 2장에서는 관련된 연구에 대해 분석하고, 3장에서는 제안하는 프로토콜에 대해 상세하게 설명한다. 4장은 제안한 알고리즘에 대한 성능 평가 및 결과 분석을 수행하여, 마지막으로 5장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

II. WMSN 및 관련연구

2.1. 무선 센서 네트워크

무선 센서 네트워크란 필요 지역에 소형의 센서 노드를 배치하여 주변 정보 또는 특정 정보를 획득하여 사용자에게 제공해주는 서비스 환경이다. 무선 센서 네트워크의 구성요소인 센서노드들은 사람이 접근하기 어려운 곳에 배치되어 동작하기 때문에, 스스로 무선 통신 환경을 구축하여 통신을 하게 된다.

무선센서 네트워크는 에너지, 대역폭, 메모리, 버퍼 크기, 프로세싱 능력과 전송 전력 등이 제한적이다. 따라서 무선센서네트워크에서 복잡한 계산이 필요하거나 계산에 민감한 알고리즘이나 대량의 저장 공간을 필요한 트래픽 등을 처리하기는 불가능하다.

무선 센서 네트워크에서 가장 중요한 개념은 에너지 효율이다. 센서 노드들은 배터리의 교체 및 재충전

이 어렵다. 값싼 하드웨어의 개발로 인하여 에너지가 다 소비되면, 센서 노드를 수거하여 재충전 교체하는 것보다 새로운 센서노드를 사용하는 것이 더 효율적이다. 그러므로 모든 센서 노드들의 균등한 에너지 소비와 전체적인 에너지 효율 향상이 무선센서네트워크 설계 시 중요한 문제가 된다.

2.2. 무선 멀티미디어 센서 네트워크

무선 멀티미디어 센서 네트워크는 일반 무선 센서 네트워크에 멀티미디어 센싱 기능이 추가된 개념이다. CMOS 카메라와 마이크로폰 등 값싼 하드웨어의 개발로 인하여 WSN은 WMSN(Wireless Multimedia Sensor Network)에 들어서게 된다. 멀티미디어 센서가 감지하는 데이터는 기존의 스칼라 데이터 뿐 아니라, 스틸 이미지, 동영상, 오디오, 등을 모두 감지하여 전송하려 한다. 그로 인하여 WSN과 비교할 때 계산량이 더 복잡하고 더 많은 저장공간을 필요로 한다. 한정적인 에너지를 가지는 기존의 무선 센서 네트워크에 기존 방식 그대로 적용하는 데는 무리가 있게 된다.

2.3. 관련연구

적시성을 보장하는 프로토콜은 실시간 통신에 적합한 프로토콜로서는 SPEED[4]가 있다. 이 프로토콜은 종단간 경로 설정 단계 없이 종단간 거리와 최대 전송 속력을 사용하여 전송 지연을 계산하여 경로를 설정한다. 혼잡 발생시 back-pressure와 re-routing 기술을 사용해 서비스 품질을 보장한다. Sequential Assignment Routing(SAR)[5]은 일정한 우선순위를 가지는 접근으로써 WSN에서 서비스 품질에 대해 연구한 초기 프로토콜이다. SAR은 싱크에 도착할 때까지 바뀌기 않는 일정한 우선순위 값을 가지고 table driven multi-path 방식을 사용하는데 지연 요구사항과 부하 조절을 고려하여 경로를 결정한다.

Multi-path Multi-Speed Routing Protocol (MMSPEED)[6] 차별적으로 우선순위를 부여하여 패킷을 전송하는 프로토콜으로써 Multi-path를 통해 신뢰성을 보장하면서 multiple network-wide 패킷 전송 speed를 통해 적시성을 제공한다.

이외에도 An Energy-aware QoS routing protocol[7], RAP(A Real-time communication Architecture for large-scale wireless sensor networks)[8]과 같은 프로토콜이 있다.

WSN에서 신뢰성을 제공하는 일반적인 메커니즘은 multi-path 라우팅이다. 같은 데이터에 대한 복사본을 여러개의 경로를 통해 전송함으로써 최소 한 개 이상의 복사본이 싱크노드에게 시간내에 에러 없이 전송 되도록 하는 개념이다. 이러한 multi-path 라우팅 프로토콜로는 ReInForM[9]과 MMSPEED[6]이 있다.

III. 프로토콜 제안

3.1. 트래픽 제어 프레임워크

WSN 은 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.

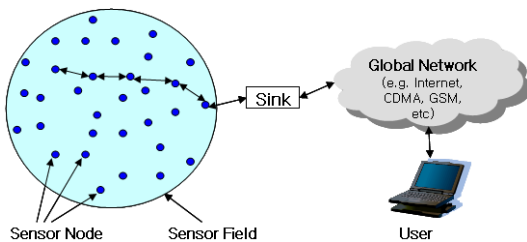


그림 1. 무선 센서 네트워크 구성도
Fig. 1 Configuration of WSN

WSN의 대부분의 데이터 패킷은 다수 싱크노드에서 하나의 싱크노드로 전달되는 many-to-one 형태가 되며, 각각의 센서 노드들은 센싱 데이터를 생성하는 소스 기능 뿐만 아니라, 수신된 데이터를 싱크노드로 중계하는 라우터 기능도 수행한다. 생성하는 소스 기능을 보장하기 위한 트래픽 제어 기능은 패킷 마킹 기능과 큐 관리 메커니즘으로 구성된다. 본 논문에서 고려한 센서 노드의 트래픽 제어 기능을 그림 2에 나타내었다.

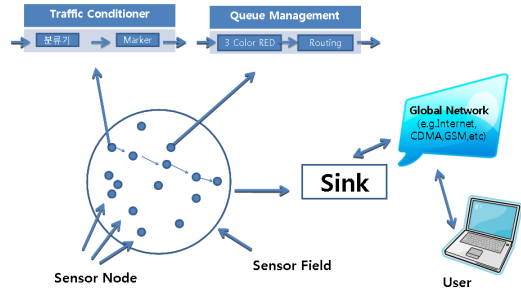


그림 2. 센서 노드의 트래픽 제어 기능
Fig. 2 Traffic Control Function of sensor nodes

패킷 마킹 알고리즘은 소스에서 해당 패킷의 특성과 중요성 여부를 판단하여 Green, Yellow, Red 중의 하나로 마킹하여 싱크 노드를 향해 전송한다. 큐 관리 메커니즘은 중계 노드에서 수행되는 기능으로서, 전송 큐의 점유율에 따라 각각의 패킷의 전달 또는 폐기 여부를 결정하는 기능을 수행한다. 마킹 알고리즘과 큐 관리 메커니즘의 연동을 통해 WSN 에서도 각각의 트래픽 패턴에 따라 차별화된 서비스 품질을 보장할 수 있다.

3.2. 트래픽 분류

지금까지 제안되었던 프로토콜들은 발생하는 트래픽을 모두 동일한 데이터 스트림으로 생각한 제안들이었다. 하지만 WMSN에서는 다음과 같은 서로 다른 특성을 갖는 4가지 종류의 트래픽이 존재한다.

- periodic monitoring traffic
- event driven traffic
- multimedia traffic
- query-based traffic

이러한 트래픽 패턴에 따라 서비스 품질 패턴과 서비스 품질 레벨을 지정하여 전송한다. 서비스 품질 패턴은 에너지 효율성, 지연 민감형, 신뢰성, 전송률 등 4가지로 구별되면, 서비스 품질 레벨은 Green, Yellow, Red 3가지로 분류된다.

트래픽 패턴에 따른 서비스 품질 패턴과 서비스 품질 레벨은 다음과 같이 지정한다.

Periodic monitoring traffic은 온도나 습도 등의 주

변 환경 정보를 일정한 시간 간격으로 모니터링하여 싱크노드로 전달하는 트래픽으로서, 이전 데이터와의 차이가 적은 경우에는 지연이나 신뢰성보다는 에너지 효율성을 고려하여 서비스 품질 레벨을 지정하고, 이전 데이터와의 차이가 큰 경우에는 지연 또는 신뢰성을 고려하여 서비스 품질 레벨을 지정한다.

Event driven traffic은 센서노드가 감지하는 영역에서 산발 발생 상황 감지 또는 침입 감지와 같은 긴급한 상황이 발생한 경우 이를 싱크노드로 신속히 전달해야 하므로 가장 높은 신뢰성과 최소 지연을 보장하도록 최상의 서비스 품질 레벨로 지정하여 전송되는 트래픽 형태이다.

Multimedia traffic은 CCTV의 동영상이나 사운드 캡처 장치에서 획득한 소리 정보를 연속적으로 전달하는 데이터로서, 키프레임에 해당하는 데이터는 지연과 신뢰성에 중점을 두어 높은 서비스 품질 레벨을 지정하고, 기타 보조 프레임이나 차이 프레임의 경우 상대적으로 낮은 서비스 품질 레벨로 설정하여 전송한다.

Query-based traffic은 싱크노드로부터 질의가 발생하여 해당 센서 노드가 이에 대한 응답을 수행하는 데이터로서, 싱크가 노드에게 질의를 발생할 때 신뢰성 레벨을 지정하여, 응답 데이터의 서비스 품질 레벨을 지정하도록 한다.

본 논문에서는 트래픽의 종류를 구분하기 위해서 Type Field를 사용하였다.

- periodic monitoring traffic : "Period"
- event traffic : "Event"
- multimedia traffic (I frame) : "I"
- multimedia traffic (P frame) : "P"
- multimedia traffic (B frame) : "B"
- query-based traffic : "Query"

또한 각 패킷의 우선순위를 나타내는 Priority Field를 사용한다. Green 패킷은 가장 높은 우선순위로써 우선적 전송을 보장하고, 반드시 시간 내에 전송하도록 지원한다. Red 패킷은 우선순위에서 가장 낮은 단계로써 혼잡시에 일차적으로 폐기 한다. Red 패킷은 패킷이 손실되어도 싱크노드에서 도착 패킷들을 조합하여 기존 데이터를 복원시에 큰 영향을 미치지 않는

패킷이다. Green과 Red의 중간단계가 Yellow이다. 모든 패킷에 대한 우선순위는 소스 노드에서 해당 패킷이 전달하는 트래픽 패턴과 데이터 내용에 따라 Green, Yellow, Red 중의 하나로 마킹되어 싱크 노드를 향해 전달된다.

3.3. 소스 노드에서의 마킹 알고리즘

1) period monitoring traffic

주기적인 모니터링 트래픽은 특정한 외부 환경의 변화가 나타나지 않는 경우에는 데이터 값이 자주 변경되지 않는 특성이 있고, 데이터 값의 변화가 없다고 할지라도 전송을 요구하게 된다. 이러한 트래픽 형태는 일정 이상의 신뢰성과 지연이 보장될 수 있으면 좋지만, 네트워크 상황이 혼잡할 경우에는 이전 데이터와 차이가 크지 않는 데이터의 경우 손실이 되거나 다소 지연이 있다고 할지라도 전체적인 신뢰성에 큰 영향을 미치지 않는다. 다만, 이전 전송한 데이터와 차이가 큰 패킷이 손상된다면, 긴급 이벤트 발생의 징후나 전조의 포착이 늦게 되어 제공되는 응용서비스에 따라서 심각한 문제를 초래할 수도 있다. 따라서 이전 데이터와의 차이가 적은 경우에는 지연이나 신뢰성보다는 에너지 효율성을 고려하여 서비스 품질 레벨을 지정하고, 이전 데이터와의 차이가 큰 경우에는 지연과 신뢰성을 보장하도록 서비스 품질 레벨을 지정하여 전송함으로써, 응용 서비스에 중대한 영향을 미치지 않고, 에너지 효율성을 보장할 수 있다.

전송할 데이터가 발생하면 소스노드는 현재의 패킷을 한 주기 이전 패킷, 두 주기 이전 패킷과 비교하여 그 차이가 α 보다 작을 시에는 우선순위 필드를 Red로 마킹한다. 만약 현재의 패킷이 한 주기 이전 패킷과는 별 차이가 없지만 두 주기 이전 패킷과의 차가 α 보다 크다면 이는 두 주기 전의 패킷과 현 패킷에 차이가 존재함을 의미하고 우선순위 필드를 Yellow로 마킹한다. 만약 한 주기 전 데이터와의 차이가 α 이상이라면 Green으로 마킹한다.

2) Event Traffic

이벤트 발생 패킷은 가장 높은 신뢰성과 최소 지연을 보장하기 위해 최상의 서비스 품질 레벨로 지정하

여 전송되는 트래픽이다. WMSN의 특성 중 하나가 노드 밀집도가 매우 높다는 것이기 때문에 하나의 이벤트가 발생했을 때 다수의 노드가 거의 동시에 비슷한 값을 감지하고 싱크 노드로의 전송을 시도한다. 따라서 데이터 중복성이 존재하고 각각의 센서노드가 높은 우선순위로 패킷을 마킹하여 전송하므로, 높은 우선순위의 패킷이 버스트하게 발생하게 된다. 결국 네트워크의 전체 또는 일부에 혼잡 상황이 발생하게 된다. 이러한 데이터 중복성은 중간 노드에서의 데이터 합성 과정을 통해 전달되는 데이터 양을 줄일 수도 있지만, 데이터 합성 과정의 처리 부하가 적지 않을 것으로 예상된다.

만일 이벤트 발생시 몇 개의 센서 노드가 중복해서 감지했는가에 대한 정보를 알 수 있다면, 일부의 노드만 데이터를 전송하고 나머지는 전송을 하지 않거나, 또는 모든 센싱 노드가 전송을 하더라도 해당 패킷들을 모두 높은 우선순위로 마킹하지 않으므로 네트워크 내에 유입되는 트래픽 양을 줄일 수 있고, 높은 우선순위를 갖는 패킷의 양을 줄임으로써 네트워크 혼잡 발생시 신속한 처리가 가능하다.

본 논문에서 제안하는 프로토콜에서는 하나의 이벤트가 발생했을 시에 몇 개의 노드가 이를 감지했는지를 확인하고 노드 수에 따라 차별적으로 Green, Yellow, Red로 마킹한다.

```
else Priority Field = "Red"; }
else Priority Field = "Green";
```

그림 3. 이벤트 기반 트래픽 마킹 알고리즘
Fig. 3 Event driven Traffic Marking Algorithm

E_num은 동시에 같은 이벤트를 센싱한 노드의 개수를 나타내고, Pro은 난수를 발생하여 확률적으로 패킷의 우선순위 필드를 마킹할 때 사용하는 변수이다. 본 논문에서 동시에 같은 이벤트를 센싱한 노드의 수를 알고 있다고 가정한다. 헤더 노드는 무조건 Green으로 마킹한다. 헤더 노드가 아닌 경우에는 이벤트를 센싱한 노드의 개수에 따라 다른 비율로 우선순위 필드를 마킹한다. 센싱한 노드의 개수가 3개 이상 6개 미만인 경우에는 6개 초과인 경우보다 Green의 비율을 높인데, 그 이유는 노드수가 6개를 초과하는 경우와 같은 비율로 우선순위 필드를 마킹하게 되면 노드 수가 3개 이상 6개 미만인 경우에는 헤더노드를 포함하여 한 두 개의 패킷만이 Green으로 마킹된다. 이 Green 패킷이 어떠한 극한 상황에도 손실되지 않고 싱크노드까지 전송을 보장한다면 상관없지만, 중간 노드에서 극한 혼잡이 발생하게 되면 Green 또한 손실될 가능성이 있기 때문에 하나의 노드만 Green으로 마킹해서 패킷을 전송하는 것은 위험하다. 마지막으로 이벤트 감지 노드수가 2개 이하이면 무조건 Green으로 마킹한다.

<p>알고리즘1 - Event driven traffic Marking</p> <p>용어 E_num : 같은 시간에 동일한 이벤트를 센싱한 노드 수 Pro : 난수 발생을 통해 얻어진 변수</p> <pre> If (I am Header node) Event Data Priority Field = "Green"; else if (E_num > 6) { Pro = random(); if (Pro<=α) Priority Field = "Green"; else if (α<Pro<=β) then Priority Field = "Yellow"; else Priority Field = "Red"; } else if (2<E_num<=6) { Pro = random; if (Pro<=α) Priority Field = "Green"; else if (α<Pro<=β) then Priority Field = "Yellow"; </pre>
--

3) Multimedia Traffic

Multimedia Traffic은 영상, 이미지, 오디오 등을 말한다. 이러한 멀티미디어 특성상 앞 프레임과 뒤 프레임의 차이가 적다. 그러므로 각 프레임의 전체 데이터를 전송한다면 동일한 내용의 패킷들이 중복되어 복제되고 전송을 시도함에 따라 네트워크의 부하를 가중시킨다. 또한 멀티미디어 자료는 한 프레임이 100% 완벽하게 전송되지 않더라도 사용자가 자료의 내용을 파악하는 데에는 별 문제가 없다.

따라서 multimedia traffic은 프레임에 따라 차별적으로 우선순위를 부여하고 전송하는 것이 네트워크의 부하를 더 줄일 수 있고, 더 높은 신뢰성과 적시성을 보장할 수 있게 된다. I 프레임은 모두 Green으로 마킹함으로 손실 없는 전송을 보장하고, P 프레임과 B 프레임은 확률적으로 Green, Yellow, Red로 마킹한다.

본 논문에서는 Green은 20%, Yellow 50%, Red 30%로 마킹한다.

알고리즘2 - Multimedia Traffic Marking
용어 F_Type : 전송할 프레임의 타입 ('I', 'P', 'B')
<pre> If (F_Type = 'I') Priority field = "Green"; else { Pro = random(); if (Pro<=α) Priority Field = "Green"; else if (α<Pro<=β) then Priority Field = "Yellow"; else Priority Field = "Red"; }</pre>

그림 4. 멀티미디어 트래픽 마킹 알고리즘
Fig. 4 Multimedia Traffic Marking Algorithm

4) Query-based traffic

Query-based traffic은 지금까지의 다른 트래픽들과는 다르게 싱크노드가 특정 센서 노드에게 요청하였을 때 이에 대한 응답 하는 형태이다.

WMSN의 제한점은 센서노드의 한정된 에너지와 낮은 계산 능력인 반면 강점은 싱크노드의 무한정한 에너지와 높은 계산 능력이다. 이 특성을 이용하여 싱크노드가 쿼리를 요청할 때 패킷에 쿼리에 대한 응답 패킷의 우선순위를 함께 전송한다. 센서노드는 쿼리에 대한 응답할 때 별도의 계산 과정 없이 요청 쿼리에 있는 우선순위로 마킹하여 전송한다.

3.4. 소스 노드에서의 초기 경로 설정

소스 노드는 이와 같이 마킹한 우선순위 필드에 따라 경로를 설정한다. 기존 프로토콜과 같이 최단경로만으로 패킷들을 전송한다면 최단경로 안의 노드로만 패킷들이 몰리는 경향이 나타나 네트워크 혼잡이 발생하면서, 그 외의 최단경로에 들어가지 않은 노드들은 많은 자원이 대기상태가 되어 자원 활용이 비효율적이게 된다.

본 논문에서는 Green은 최단경로로 경로를 설정하여 전송하고, Yellow와 Red 패킷은 최단거리는 아니지만 그 외의 경로를 통하여 전송한다. 이럴 경우 Yellow와 Red 패킷이 최단거리를 사용하지 않으므로 적시성에 맞지 않다고 생각할 수 있지만, 패킷이 몰리지 않는 상대적으로 한가한 경로를 사용하기 때문에 중간 노드에서 Queuing Delay, Processing Delay가

낮아 결과적으로 적시성 면에서 더 높은 성과를 가져올 수 있다. 또한 중간 노드가 한가하기 때문에 손실되는 패킷의 수도 적어 신뢰성 면에서도 효과적이다. 결국 전체적 전송률이 향상된다.

3.5. 중간 노드에서의 큐 관리 메커니즘

모든 노드들은 1개의 큐를 사용한다. 중간 노드에서는 RIO 알고리즘[10]을 기반으로 하여 혼잡 수준에 따라 패킷을 폐기하거나 전송해야 한다.

패킷이 들어오면 먼저 혼잡 수준을 보고 폐기 여부를 결정하게 된다. 혼잡 수준은 큐 점유율을 보고 판단한다. 네트워크가 혼잡 상황이 아닌 상태라면 노드에 유입되는 패킷의 수가 적고, 큐 점유율도 낮게 된다. 반면 네트워크가 혼잡 상황이라면 유입되는 패킷의 수가 많으므로 큐 점유율이 높다.

혼잡 수준은 3가지로 분류하였다.

- normal operation
- congestion avoidance
- congestion control

normal operation은 큐 점유율이 기준치 이하로 혼잡이 발생하지 않고 패킷 전송이 원활한 상태를 나타낸다. 이 단계에서는 폐기하는 패킷 없이 모두 전송한다. congestion avoidance는 큐 점유율이 기준치 이상으로 혼잡이 발생하진 않았지만 전송 패킷 수가 증가하는 상태로써 혼잡이 발생하기 전 단계이다. 이 단계에서는 모든 패킷을 전송하지 않고 확률적으로 몇몇 패킷을 폐기 시킨다. 마지막으로 congestion control은 큐 점유율이 1인 상태로 큐가 꽉 찬 상태이다. 혼잡이 발생했다고 판단하고 들어오는 모든 패킷을 폐기하게 된다.

다음으로 패킷을 폐기하지 않기로 결정했다면, 이후에 다음 노드를 결정한다. 큐 점유율이 α 이하이면 모두 최적의 경로로 전송하고, 큐 점유율이 α 이상이면 green은 최적의 경로로 전송. yellow, red는 랜덤할 수 발생하여 최적의 경로 또는 제2의 경로로 전송한다.

Green, Yellow, Red는 각각 3개의 변수를 가진다.

Green : min_green, max_green, P_green

Yellow : min_yellow, max_yellow, P_yellow
 Red : min_red, max_red, P_red

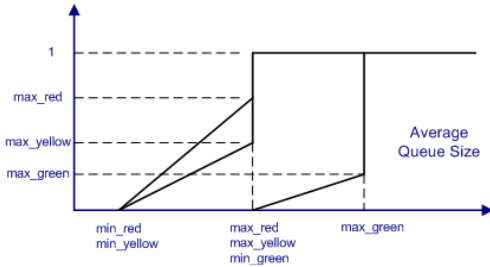


그림 5. RIO의 변수값
 Fig. 5 Parameter values for RIO

패킷전송을 위해 큐에서 다음 패킷을 가져오면 먼저 우선순위 필드를 확인하고 해당 변수들에 따라 패킷의 폐기 여부를 결정한다. [0, min] 구간은 normal operation으로 판단하고 폐기 하지 않는다. [min, max] 구간은 congestion avoidance 구간으로 판단하고 P에 따라 확률적으로 패킷을 폐기한다. [max, ∞] 구간은 congestion control 구간으로 판단하여 무조건 폐기 한다. P 변수는 패킷을 폐기할 때의 우선순위별 확률이다.

우선순위에 따라 min 값을 차별적으로 할당함으로써 Red가 제일 먼저 폐기되고, 이후 Yellow, Green 순서대로 폐기 되도록 하였다.

```

        forwards packet to shortest path;
    else drop this packet; }
    else drop this packet; }
    else if (Priority Field = " Yellow" )
    { avg_yellow = calculate Green queue size &
    Yellow queue size;
    calculate probability P_yellow;
    if (P_yellow < min_yellow) forwards packet;
    else (min_yellow < P_yellow<max_yellow)
    { P = random();
    if (P_yellow<P) forwards packet to path;
    else drop this packet; }
    else drop this packet; }
else
{ avg_red = calculate average queue size;
calculate probability P_red;
if (P_red < min_red) forwards packet to path;
else if (min_red < P_red<max_red)
{ P = random();
if (P_red<P) forwards packet to path;
else drop this packet; }
else drop this packet; }
    
```

그림 6. Queue Management Mechanism
 Fig. 6 Queue Management Mechanism

위 그림 6. 알고리즘에서 avg_queue은 현재 큐 점유율이다. P_drop은 패킷을 버릴지 아니면 전송할 지를 결정할 때 이를 확률적으로 결정하기 위해 사용되는 변수이다. P_routing은 최단 경로와 여분의 경로 중 하나를 선택할 때 사용하는 변수이다.

실제 알고리즘을 보면 큐에서 패킷을 가져와서 우선순위 필드를 확인한다. Green이라면 큐의 큐 점유율을 계산하고 패킷 폐기 여부를 결정할 P_green을 계산한다. P_green이 min_green보다 작으면 normal operation 상황이라고 할 수 있다. 최적의 경로로 패킷을 전송한다. P_green이 min_green과 max_green 사이의 값이라면 congestion avoidance 구간으로 확률적으로 패킷을 버린다. 버리지 않기로 결정된 패킷은 최적의 경로로 전송된다. 마지막으로 P_green이 max_green보다도 큰 경우에는 congestion control 구간으로 여기고 패킷을 무조건 버린다. 하지만 그림 5에서 볼 수 있듯이 실제 max_green은 다른 변수들에 비해 매우 높은 값이기 때문에 다른 우선순위의 패킷들을 버려지고 난 이후에 폐기되는 패킷이 발생한다. 결국 Green 패킷이 폐기 되는 것은 극한 혼잡이 발생

알고리즘 3 - Queue management Mechanism
용어 avg_queue : 현재 큐 점유율
P_drop : P 확률로 폐기할 때 랜덤하게 폐기하기 위한 변수
P_routing : 최단 경로와 여분의 경로를 결정하는 확률 변수
<pre> if (Priority Field = "Green") { avg_green = calculate Green queue size; calculate probability P_green; if (P_green < min_green) forwards packet to shortest path; else (min_green < P_green<max_green) { P = random(); if (P_green<P) </pre>

했을 때만 발생한다. 초기에 큐에서 패킷을 가져와 우선순위를 확인했을 때 Green이 아니었다면 다음으로 Yellow인지를 확인한다. Yellow 패킷이면 마찬가지로 큐 점유율과 P_{yellow} 를 계산한다. P_{yellow} 과 min_{yellow} , max_{yellow} 를 비교하여 폐기 여부와 경로를 결정한다. 마지막으로 우선순위 필드가 Red인 경우에도 마찬가지로의 과정을 반복한다. $P_{(color)}$ 가 $min_{(color)}$ 보다 작은 경우에 Green은 100% 최단경로로 전송하고 Yellow의 70%는 최단경로, 30%는 여분의 경로로 전송한다. Red는 여분의 경로로 전송한다. $P_{(color)}$ 가 $min_{(color)}$ 과 $max_{(color)}$ 사이에 있으면 확률적으로 폐기시키고, 폐기시키지 않을 경우 Green의 70%는 최단경로로, 30%는 여분의 경로로 전송한다. Yellow의 30%는 최단경로로, 70%는 여분의 경로로 전송하며, Red는 여분의 경로로 전송한다.

알고리즘에서 나와 있듯이 Green이 우선적으로 최단 경로로 전송된다. 하지만 최단 경로를 Green에게만 할당하는 것이 아니라 Yellow에게도 확률적으로 할당되기 때문에 Yellow에 대해 일정량의 처리율(throughput)을 보장한다. 최단 경로와 여분의 경로를 사용함으로써 전체적인 적신성, 신뢰성, 에너지 효율성과 같은 서비스 품질 보장이 가능하다.

IV. 성능 분석 및 결과

4.1. 실험환경

본 논문에서 제안한 메커니즘에 대한 성능 평가는 시뮬레이션 방법을 통하여 수행하였다. 그림 7은 시뮬레이션의 노드 구성도이다.

시뮬레이션은 CPU가 Intel Core 2 Quad Q9300 2.5GHz이고, RAM 2GB, 운영체제 Fedora Core 10, Kernel 2.6.27.38, gcc 4.3.2-7 환경하에서 개발되었다.

서비스 타임은 평균 100ms이고 Exponential 분포를 이루도록 한다. 주기적 트래픽은 1초마다 발생하도록 하였고 이벤트 트래픽은 random 함수를 발생하여 평균 5초 마다 Poisson 분포를 따른다. 멀티미디어 트래픽은 낮은 해상도의 MPEG2 영상을 초당

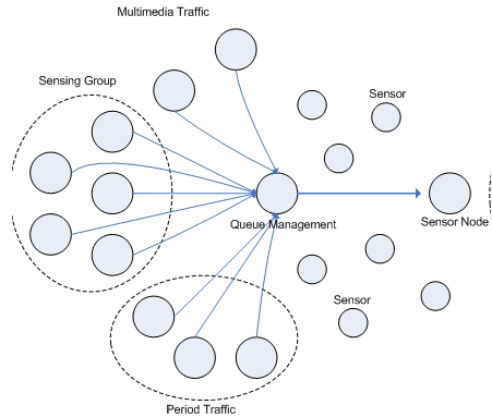


그림 7. 시뮬레이션 노드 구성도
Fig. 7 Configuration of Simulation Nodes

50kbps로 전송한다. 베이스 트래픽은 Ftp 트래픽으로 초당 100kbps를 전송한다. 노드 수는 9개로 설정하고 그중 4번 노드를 헤더노드로 설정한다. 실 현장에서는 모든 노드가 주기적 트래픽, 이벤트 트래픽, 멀티미디어 트래픽을 발생시키지만 본 논문에서는 좀더 효율적인 결과 분석을 위해 역할을 나눈다. 1, 2, 3번 노드는 주기적 트래픽, 4, 5, 6, 7, 8번은 이벤트 발생 트래픽, 9번은 멀티미디어 트래픽을 발생한다고 가정하여 시뮬레이션을 실행한다.

시뮬레이션 방법은 같은 노드 구성에서 기존의 메커니즘인 No marking의 Droptail FiFo Queue 방식과 본 논문에서 제안하는 3 Color Marking의 3 Color RED Queue 방식을 비교할 것이다.

구성도의 각각 노드들이 해당 트래픽을 발생하여 보냈을 때 패킷의 중요도에 따른 도달율을 비교하여 성능을 분석하였다.

4.2. 시뮬레이션 결과 및 분석

시뮬레이션 결과 전체 전송률을 비교해 보면 No Marking Droptail FiFo Queue Mechanism 은 50.31%, 3 Color Marking 3 Color Queue Mechanism 은 47.08%로써 큰 차이가 없다.

패킷의 중요도에 따른 전송률을 기존 메커니즘과 본 논문에서 제안한 메커니즘을 비교하여 그림 8에 나타내었다.

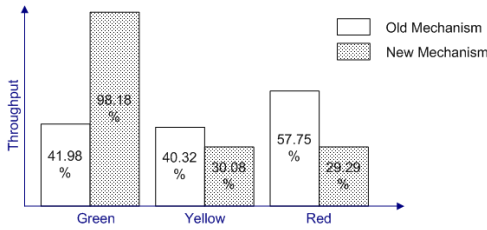


그림 8. 우선순위별 전송률 비교
Fig. 8 Comparison of Throughputs according to priority

먼저 No marking의 Droptail FiFo 큐 방식은 우선 순위를 따로 설정하지 않는 방식이기 때문에 패킷의 중요도에 따른 전송률이 Green은 41.98%, Yellow는 40.32%, Red는 57.75%으로, 평균적으로 40~50%로 나타났다. 심지어 패킷의 양이 많은 Red 패킷의 전송률이 더 높게 나타났다. 이에 비하여 본 논문에서 제시한 3 Color Marking의 3 Color RED Queue 방식의 메커니즘은 전체 전송률 측면에서는 기존 방식의 메커니즘에 비해 성능이 낮다고 해석할 수도 있지만 패킷의 중요도에 따른 전송률을 보면 Green은 98.18%, Yellow는 30.08%, Red는 29.29%의 결과를 보이고 있다. 전체 전송률 47.08%의 대부분이 Green에 해당하는 것을 알 수 있다.

개개 노드에서의 전송률을 비교해 보면 전체 전송률과 마찬가지로 본 논문에서 제시한 메커니즘은 Green 패킷에 대하여는 높은 전송률을 보장한다. 이에 반해 기존의 메커니즘은 여전히 Green, Yellow, Red와 상관없이 전체적으로 비슷한 결과를 보여주고 있다.

각각의 트래픽 별로 비교해보면

이벤트 트래픽의 헤더 노드는 기존 메커니즘에서는 약 32%의 전송률을 보장하는 반면 제시한 메커니즘은 99%의 전송률을 보장하게 된다. 또한 이벤트가 발생하였을 때 발생한 모든 이벤트가 싱크노드에 전달되었는지를 비교해 보면 기본 메커니즘은 제한한 메커니즘과 비슷한 전송률을 보이지만 시뮬레이션 결과를 보면 약 100개의 이벤트 시퀀스 중에서 9개의 이벤트 시퀀스가 싱크에게 전송되지 못하고 모두 폐기되었다. 5개의 노드에서 모두 이벤트가 발생하였을 동시에 센싱하고 데이터를 전송하지만 중간 노드

가 패킷 내용에 상관없이 폐기하기 때문에 일부 시퀀스는 5번까지 중복되어 싱크에게 중복 전송되었지만 일부 시퀀스는 한번도 전송되지 못하고 중간에 모두 폐기되었다. 이는 이벤트 트래픽의 특성상 네트워크 성능에 심각한 영향을 미치게 된다. 반면 제시한 메커니즘은 전체 이벤트 트래픽의 전송률은 같지만 헤더 노드는 99%의 전송률로 전달되었기 때문에 거의 모든 발생 이벤트가 싱크에게 알려졌고 헤더노드에서 폐기된 하나의 이벤트도 다른 노드에게 전송을 완료하게 된다. 결국 약 100개의 발생 이벤트 모두 싱크에게 알려졌고, 중복 전송 횟수도 모든 시퀀스가 약 3번씩 중복되어 전송되어졌다. 이벤트 트래픽에서 제안 메커니즘의 장점은 1) 모든 발생 이벤트가 싱크노드에게 전송되었다는 것과 2) 하나의 이벤트에 대하여 평균 3개의 데이터가 중복 전송된다는 것이다. 같은 이벤트를 몇 개의 노드가 동시에 센싱하더라도 노드의 위치에 따라 센싱한 데이터에 미세한 차이가 있을 수 있다. 이러한 차이는 이벤트가 발생한 위치나 상황을 파악하는데 유용한 정보가 될 수 있다. 그렇기 때문에 2)번 장점으로 인하여 발생 이벤트에 대하여 좀더 자세한 정보를 사용자에게 제공할 수 있다.

멀티미디어 트래픽의 경우 기존의 메커니즘은 Green 97%, Yellow 24%, Red 15%의 전송률을 제공한다.

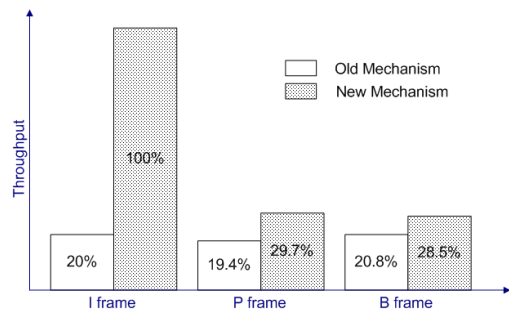


그림 9. 멀티미디어 트래픽의 프레임별 전송률
Fig. 9 Throughputs according to frames for Multimedia traffics

그림 9를 보면 멀티미디어 트래픽에서 제시한 메커니즘은 키프레임인 I 프레임을 Green으로 마킹하고 있는데 이 키 프레임의 전송률이 약 100%를 이루고 있다. 그 외의 보조 프레임인 B와 P 프레임의 전송률

은 24%, 15%로써 키 프레임에 비하면 상대적으로 낮은 값이다. 전체 전송률을 비교해 보면 기존 메커니즘과 수치상으로는 많은 차이가 없지만 같은 양의 패킷을 전달한다고 하더라도 제시한 메커니즘에서 Green 패킷을 더 많이 전송하게 되므로 결과적으로 사용자 입장에서서는 더 좋은 서비스 질을 제공할 수 있다. 실제 싱크한 프레임별로 살펴보면 I 프레임의 경우 기존 메커니즘은 250개의 시퀀스중 5개의 시퀀스만이 전송되었고 나머지 시퀀스는 모두 폐기되었다. 그에 반해 제시한 메커니즘은 모든 I 프레임을 100% 전송하였다. 결국 같은 양의 패킷을 전송하더라도 I 프레임 패킷을 우선적으로 전송함으로써 사용자는 더욱 높은 질의 멀티미디어 데이터를 제공받게 된다.

V. 결론

멀티미디어 기능을 갖춘 무선 센서 네트워크는 일반적으로 사운드나 모션들을 감지하는 데이터 센서 노드와 관심있는 이벤트의 동영상을 캡처하는 비디오 센서로 구성된다. 하드웨어 및 전원 기술의 성숙으로 이러한 WMSN 은 가까운 시일내에 실현되어 다양한 분야에 적용될 것으로 예상된다. WMSN 에서 멀티미디어 정보는 기존의 센싱 정보와는 달리, 많은 계산량과 데이터 전송량을 필요로 하기 때문에, 기존의 센서 네트워크에서 수용하기 어렵다본 논문은 센서 네트워크의 한정된 자원을 좀 더 효율적으로 활용하기 위하여 WMSN 에서의 트래픽 유형을 분석하고, 각 트래픽 유형에 따라 지연, 에너지 효율성 및 신뢰성 등 서비스 품질 파라미터에 대해 차별화된 서비스 품질을 제공할 수 있는 마킹 알고리즘 및 큐 관리 메커니즘을 제안하였다.

시뮬레이션 실행, 분석 한 결과 전체 전송률은 기존 메커니즘이 50.31%, 제안한 메커니즘이 47.08%로 큰 차이가 없다. 하지만 기존의 메커니즘은 패킷 데이터의 중요도와 상관없이 Green 41.98%, Yellow 40.32%, Red 57.75%로 모두 비슷한 전송률을 제공한다. 이는 제한된 네트워크의 자원을 패킷 데이터의 중요도와 상관없이 동일하게 분배되었음을 의미한다. 그렇기 때문에 중요한 패킷이 폐기 될 때 상대적으로 중요도가 낮은 패킷에게 네트워크의 한정된 자원이 할

당 된 것이다. 반면 제시한 메커니즘은 Green에 대하여는 98.18%, Yellow는 30.08%, Red는 29.29%의 전송률을 보장함으로써 중요한 데이터의 패킷에 대하여 높은 서비스 품질을 보장한다. 전송할 데이터 양에 비하여 네트워크의 자원이 많을 때는 패킷의 중요도와는 상관없이 모든 패킷에게 자원을 할당하게 되므로 기존 메커니즘과 제시한 메커니즘의 차이가 없다. 하지만 네트워크가 혼잡해지기 시작하면, 기존 메커니즘은 중요한 데이터의 패킷을 폐기하면서까지 상대적으로 중요도가 낮은 데이터의 패킷에게도 자원을 공유하지만, 제시한 메커니즘은 같은 상황에서 패킷을 폐기해야 할 때, 중요도가 높은 데이터의 패킷에게 자원을 할당하고 중요도가 낮은 데이터의 패킷을 폐기하는 구조이다. 결국 같은 양의 데이터를 전송할 지라도 중요한 패킷의 서비스 품질을 보장함으로써 사용자의 입장에서 보면 전체적인 서비스 질의 향상을 느낄 수 있다.

본 논문에서 제시한 메커니즘은 Event Driven Traffic에서 같은 이벤트를 동시에 센싱한 센서의 노드 수를 알고 있다는 가정하여 제안하였다. 향후 이러한 동일 이벤트를 동일 시간에 센싱한 노드에 대한 정보를 알아내는 방안에 대하여 연구가 이루어져야 한다.

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역 혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임. 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음" (NIPA-2010-(C1090-1021-0009))

참고 문헌

- [1] Ian F. Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam, and Erdal. Cayirci, "A Survey on Sensor Networks", IEEE Communication. Magazine, 2002.
- [2] I Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "Wireless sensor networks: A survey", Computer Networks, Vol.38 , No.4, pp.393-422, Dec. 2002.

- [3] Ian F. Akyildiz, Tommaso Melodia, Kaushik R. Chowdury, "Wireless Multimedia Sensor Networks : A Survey", IEEE Wireless Communication, Vol. 14, No. 6, pp.32-39, 2007.
- [4] T. HE, J. Stankovic, C. Lu, and T. Abdelzاهر., "SPEED : A stateless protocol for real-time communication in sensor networks", In Proc. 23rd International Conference on Distributed Computing Systems, pp.46-55, May 2003.
- [5] 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.
- [6] E. Felemban, C-G. Lee, E. Ekici, R. Boder, and S. Vural, "Probabilistic QoS guarantee in reliability and timeliness domains in wireless sensor networks" In Proc. IEEE INFOCOM, pp.2646-2657, March 2005.
- [7] K. Akkaya and M. Younis. "An energy-aware QoS routing protocol for wireless sensor network", In Proc. Workshops in the 23rd International Conference on Distributed Computing Systems, pp.710-715, May 2003.
- [8] C. Lu, B. Blum, T. Abdelzاهر, J. Stankovic, and H Tian. "RAP : A real-time communication architecture for large-scale wireless sensor networks", In Proc. IEEE Real-time Systems Symposium(RTSS), pp.55-66, Dec. 2001.
- [9] B. Deb, S. Bhatnagar, and B. Nath, "ReInForM : Reliable information forwarding using multiple paths in sensor networks", In Proc, 28th Annual IEEE International Conference on Local Computer Networks, Bonn, Germany, pp.406-415, Oct. 2003.
- [10] Network Simulator(NS), University of California at Berkeley, CA, 1997. Available via <http://isi.edu/nsnam/ns>

저자 소개



김정혜 Gil-dong hong)

2002년 2월 순천대학교 컴퓨터교육과 졸업 (이학사)
 2010년 2월 순천대학교 대학원 컴퓨터과학과 졸업(이학석사)

※ 주 관심분야 : WSN, 인터넷 QoS



이성근(Sung-Keun Lee)

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

1995년 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학박사)

2004년 ~ 2005년 : UC Davis 컴퓨터과학과 방문교수
 1997년 ~ 현재 순천대학교 멀티미디어공학과 교수

※ 주 관심분야 : WSN, 멀티미디어 통신, 인터넷 QoS



고진광(Jin-Gwand Koh)

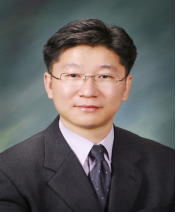
1982년 홍익대학교 컴퓨터공학과 졸업 (이학사)
 1984년 홍익대학교 컴퓨터공학과 졸업1 (이학석사)

1997년 홍익대학교 컴퓨터공학과 박사

1997년 - 1998년 Oregon State University. 컴퓨터공학과 방문 교수

2001년 3월~2002년 8월 순천대학교 정보전산원장
 2005년 3월~2007년 2월 순천대학교 공과대학장, 산업대학원장

※ 주 관심분야 : RFID/USN, 데이터베이스, 전자상거래 보안, 인터넷 QoS.



정창렬(Chang-Ryul Jung)

1999년 2월 순천대학교 대학원
컴퓨터교육과 졸업 (이학석사)

2005년 2월 순천대학교 대학원
컴퓨터과학과 졸업 (이학박사)

※ 주 관심분야 : RFID/USN Privacy Security,
인터넷 QoS