

무선 멀티미디어 센서 네트워크에서 PQS를 이용한 트래픽 혼잡제어

Traffic Congestion Control Using PQS in Wireless Multimedia Sensor Networks

이종득*

Chong-Deuk Lee*

요 약

무선 멀티미디어 센서네트워크 (WMSN : Wireless Multimedia Sensor Networks)에서 업 링크 오버플로우는 자원 소모, 지연, 그리고 트래픽 혼잡을 가중시킨다. 본 논문에서는 중요도를 이용한 새로운 트래픽 혼잡 제어 기법을 제안한다. 제안된 기법은 미디어 트래픽을 분산하여 혼잡을 제어하며, 우선순위에 따라 패킷들을 공평하게 제어한다. 이때 패킷들을 공평하게 제어하기 위해 패킷 큐 스케줄러 PQS (Packet Queue Scheduler)를 제안하며, 제안된 PQS는 노드들의 특정 위치에 관계없이 모든 센서 노드들에게 공평한 기회를 제공한다. 시뮬레이션 결과 제안된 기법이 다른 비교 결과 기법들에 비해서 처리율, 지연율, 링크 품질, 그리고 버퍼 큐 제어율이 효율적임을 보인다.

Abstract

Uplink overflow in WMSN (Wireless Multimedia Sensor Networks) aggravates the resource consumption, delay, and traffic congestion. This paper proposes a new traffic congestion control mechanism using popularity. The proposed mechanism controls congestions by dispersing the media traffic, and it control fairly packets according to priority. This paper proposes PQS (Packet Queue Scheduler) to control fairly packets, and the proposed mechanism provides a fair opportunity to all sensor nodes without a specific location. The simulation results show that the proposed mechanism achieves improved performance in throughput, delay ratio, link quality, and buffer queue control ratio compared with those of other existing methods.

Key words : WMSN, Traffic congestion, Popularity, PQS

I. 서 론

WMSN (Wireless Multimedia Sensor Networks)은 통신 기반 시설이 없거나 유선 네트워크의 백본이 없이도 넓은 지역을 커버할 수 있는 기능을 가지고 있으며, 싱크 노드로 정보를 센싱/수집하고, 보고하는 일

을 수행한다. 그러나 멀티-홉 WMSN에서 트래픽 혼잡은 자원, 배터리 용량, 메모리, 그리고 링크 오류들에 영향을 받기 때문에 이웃 노드들과 무선 채널을 공유해야 하며, 싱크 노드로의 경로를 공유해야 하는 등 많은 문제들을 가지고 있다. 또한 네트워크 트래픽의 불균형, 노드 및 링크의 병목 현상은 심각한 혼

* 전북대학교 전자공학부(Division of Electronic Engineering, Chonbuk national University)

· 제1저자 (First Author) : 이종득(Chong-Deuk Lee, tel : +82-63-270-4782, email : cdlee1008@jbnu.ac.kr)

· 접수일자 : 2013년 4월 4일 · 심사(수정)일자 : 2013년 4월 4일 (수정일자 : 2013년 4월 12일) · 게재일자 : 2013년 4월 30일

<http://dx.doi.org/10.12673/jkoni.2013.17.2.218>

잡 발생 원인을 제공하고 있다 [1]-[4].

일반적으로 중요한 이벤트를 감지하는 센서들은 제때에 그리고 정확하게 싱크 노드로 이벤트를 포워드해야 하며, 그렇지 않을 경우 오버플로우로 인한 혼잡이 발생하게 된다. 예를 들어 환자 건강 모니터링 [5], 이미지 센싱 [6]과 같은 센싱 처리는 높은 처리율과 낮은 지연을 요구하고 있으며, 이러한 요구사항들을 위배할 경우 혼잡이 발생하게 된다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 FIFO (First-In First-Out) 기법 그리고 소스율 제한(source rate limiting mechanism) 알고리즘 등과 같은 기법이 제안되었다[1],[7]. 그러나 이들 기법은 단지 전송율과 소스율을 제한하여 병목현상을 제어하는 기법으로서 네트워크의 트래픽 집중에 따른 병목현상을 분산시키지 못하는 문제점을 가지고 있다[8]-[10].

본 논문에서 우리는 이러한 문제를 해결하기 위하여 PQS (Packet Queue Scheduler)알고리즘을 제안하며, 제안된 알고리즘은 싱크 노드로 집중되는 네트워크 트래픽 혼잡을 피하기 위한 분산화 기법으로서 노드들 간의 통신 복잡도 또는 비용을 요구하지 않는 장점을 가지고 있다. 또한 제안된 기법은 서로 다른 정보를 수집하기 위하여 중복 센서 네트워크를 사용하지 않기 때문에 중복으로 인한 패킷 재전송을 예방할 수 있으며, 이로 인한 패킷손실을 줄이는 장점을 가지게 된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구에 대해서 살펴보고, 3장에서는 제안된 PQS 메커니즘을 제안한다. 4장에서는 제안된 기법의 성능 평가에 대해서 살펴보고, 끝으로 결론에 대해서 기술한다.

II. 관련 연구

WMSN에서 혼잡 제어 프로토콜은 혼잡 탐지, 혼잡 공지, 그리고 전송율 조절 과정을 수행한다. 혼잡 탐지는 싱크 노드 경로 상에 놓여 있는 모든 센서 노드들을 탐지하는 기능이다. 혼잡이 탐지되면 탐지 노드들은 이웃 노드들에게 혼잡 공지 메시지를 전송하게 된다. 혼잡 공지 메시지가 수신되면, 소스는 더 이

상의 혼잡을 예방하기 위하여 그 자신의 전송율을 조절하게 된다. 이러한 혼잡 문제를 해결하기 위하여 Hull et al.[5]는 각기 다른 레이어들을 결합한 크로스-레이어 기법을 제안하였다. 이 기법은 홉 간 트래픽 플로우를 제어하고, MAC에 우선순위를 부여하여 혼잡을 제어하는 기법이다.

전송을 제어기법은 토큰 버킷(token bucket)과 유사한 기법으로서 이 기법에서 각각의 센서 노드는 라우팅 트리에서 부모 노드로 전송되는 모든 트래픽들을 모니터링하여 트래픽을 제어한다. 그러나 이 기법은 낮은 우선순위를 가진 트래픽들에 대해서 기아문제를 발생시키고 있으며, 기아문제는 지연과 혼잡을 가중시키는 원인을 제공하게 된다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 Wan et al.[11]은 CODA(Congestion Detection and Avoidance)기법을 제안하였으며, 제안된 기법은 노드들에게 공평한 기회를 제공하여 혼잡을 예방하기 위한 기법이다. 그러나 이 기법은 모든 노드들에게 공평한 기회를 제공해 줄 수 있다는 장점은 있으나, 트래픽의 특성을 반영하지 못한 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제를 개선하기 위하여 Hull et al.[5]는 FUSION 알고리즘을 제안하였으며, Ee와 Bajcy[1]은 CCF (Congestion Control and Fairness) 알고리즘을 제안하였다. FUSION과 CCF알고리즘은 혼잡을 효율적으로 제어하고 네트워크에서 공평성을 증가시키기 위한 전송 제어 알고리즘이다. 그러나 이들 기법은 단일 트래픽에 우선순위를 부여하는 단순한 공평성 부여 기법으로서 다중 트래픽 우선순위에는 적합하지 못한 문제점을 가지고 있다. 제안된 기법은 트래픽의 중요도를 반영하여 혼잡을 제어하였으며, 중요도에 따라 트래픽이 서로 다르게 스트리밍될 수 있도록 큐 스케줄러를 구성하였다.

III. PQS기반의 트래픽 혼잡 제어 메커니즘

3-1 시스템 모델

이 장에서는 혼잡 제어를 위해 N개의 센서 노드들로 구성된 WMSN을 고려하며, 다중 홉 네트워크에서 싱크 노드로 패킷들을 포워드하기 위하여 소스노드

뿐만 아니라 라우터의 기능을 고려한다. WMSN에서 각각의 센서 노드는 패킷 정보를 저장하기 위한 고정된 크기의 버퍼 캐시를 가지고 있으며, 이에 대한 시스템 모델은 그림1과 같다.

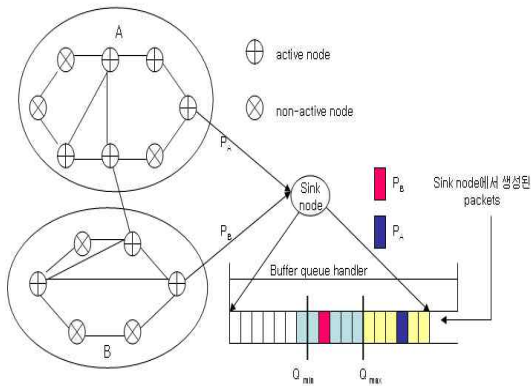


그림 1. 시스템 모델
Fig. 1. System model

싱크 노드의 버퍼 큐는 A에서 생성된 패킷 PA, 그리고 B에서 생성된 패킷 PB와 다른 센서노드들에서 생성된 패킷들로 구성되어 있다. A와 B에서 노드들은 active상태와 non-active상태로 r개의 패킷들을 생성하게 되며, 이렇게 생성된 패킷들은 싱크 노드를 향해서 포워드 된다. 그리고 하나의 active 노드가 센싱되면 센서 노드들은 싱크 노드에 가장 중요한 정보를 가진 노드들을 보고하며, 이때 버퍼 큐에는 중요한 정보 순으로 패킷들이 정렬되게 된다. 그림1의 버퍼 큐는 active노드와 non-active 노드들을 구분하기 위해 사용되며, 이때 버퍼 큐는 active 패킷의 처리율을 향상시키는 중요한 역할을 수행한다. 일반적으로 active 패킷의 처리율은 non-active 패킷보다 우선순위가 높고 중요도가 높기 때문에 각기 다른 센서노드들에서 트래픽이 동시에 수행될 때 혼잡을 미리 예방할 수 있는 장점을 제공하게 된다.

3-2 큐 스케줄러

패킷 큐 스케줄러는 거리에 관계없이 모든 노드들에게 패킷을 공평하게 처리하기 위한 것이며, 이를 위해 패킷 중요도를 적용한다. 본 논문에서 트래픽 제어를 위한 PQS는 그림2와 같으며, PQS는 버퍼 큐에서 중요도가 낮은 임의의 패킷을 제거하는 기능을

수행한다.

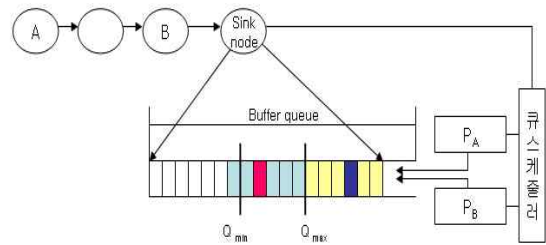


그림 2. 큐 스케줄러 구조
Fig. 2. Queue scheduler

그림2에서 노드B는 노드A보다 싱크 노드에 더 가까우며, 노드A가 패킷 PA를 생성하고 노드B가 패킷 PB를 동시에 생성하면, 정상적인 때 패킷 PB가 먼저 싱크 노드에 도착한다. 그러나 패킷 PA가 싱크노드에 도착할 때, 패킷 PB가 계속 버퍼 큐에 남아 있으면 패킷 PA는 큐에 저장되지 못하고, 계속 대기하게 된다. 이것은 대기 문제를 발생시켜 혼잡을 가중시키며, 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 식 (1)을 이용한다.

$$M_{filtering}^{popularity} = \{ M_{filtering}^{popularity} = \{ M_{filtering}^{popularity}(p) \mid \alpha < 0.6 \} \} \quad (1)$$

여기서 $M_{filtering}^{popularity}$ 는 중요도가 낮은 패킷들을 제거하기 위한 제어사상이며, α 는 중요도를 결정하는 임계값이다.

이처럼 식(1)은 PQS는 임계값보다 훨씬 낮은 중요도를 가진 중간 패킷들을 쉽게 제거할 수는 장점을 가지게 된다.

3-3 큐 핸들러

큐 스케줄러를 통해서 입력되는 패킷들을 적절히 제어하고 프로세싱하기 위하여 네트워크상의 임의의 노드의 전체 버퍼 크기를 Q라 하고, 큐에는 N_A 개의 active 패킷과 N_{NA} 개의 non-active 패킷이 있다고 가정하자. 그리고 이들의 전체 패킷 수는 $N=N_A+N_{NA}$ 이라 하고, 중요도가 각기 다른 패킷들을 처리

하기 위하여 두 개의 임계값 Q_{min} 과 Q_{max} 를 설정한다. 이때 큐 핸들러는 Q_{min} 과 Q_{max} 에 의해서 active 패킷과 non-active 패킷을 식별하게 되며, non-active 패킷의 식별 과정은 다음과 같은 단계를 거친다.

step 1 $0 \leq N \leq Q_{min}$ // 모든 입력되는 패킷들은 버퍼 큐에 저장되며, 최소의 임계값을 유지한다.

step 2 $Q_{min} \leq N \leq Q_{max}$ // active 패킷과 non-active 패킷을 식별한 후 중요도에 따라 패킷들을 정렬한다. 여기서 중요도가 낮은 패킷 제거는 $\overline{N}_N = F_N(N)$ 에 의해 수행된다.

step 3 $Q_{max} \leq N \leq Q$ // 정렬된 패킷들은 버퍼 큐에 중요도 순으로 저장된다.

active 패킷과 non-active 패킷이 식별된 후에는 네트워크상의 각기 다른 센서 노드에 있는 모든 패킷들이 싱크 노드에 성공적으로 포워딩 될 수 있도록 노드들에게 공평한 접근 기회가 보장되어야 한다. 공평성이 보장되면, 각기 다른 노드들로부터의 패킷들은 싱크 노드에 포워딩될 확률이 같거나 비슷해 질 수 있다. 이때 공평성이 보장된 패킷들은 버퍼 사용률과 처리율을 극대화할 수 있도록 active 패킷과 non-active 패킷이 제어되게 된다. 제어과정은 $C_A(N)$ 함수와 $C_{NA}(N)$ 함수에 의해 제어된다. 여기서 $C_A(N)$ 는 active 패킷을 제어하기 위한 제어함수이고, $C_{NA}(N)$ 는 non-active 패킷을 제어하기 위한 제어함수이다.

그리고 새로운 패킷이 입력될 때 식(1)에 의해 중요도가 새롭게 측정되며, 측정된 중요도에 따라 새로운 active 패킷이 결정되고, 제어된다.

제안된 논문에서 큐 핸들러는 새롭게 입력된 임의의 패킷들을 중요도에 따라 제어하기 때문에 각기 다른 active 패킷과 non-active 패킷을 쉽게 식별할 수 있는 장점을 가진다. 큐 핸들러를 사용하는 목적은 active 패킷과 non-active 패킷으로 인한 혼잡을 줄이기 위한 것이며, 버퍼 큐에서 active 패킷과 non-active 패킷이 식별되지 않고 제어되면, 지연과 혼잡은 가중되게 된다.

3-4 non-active 패킷제어

버퍼 큐에서 non-active 패킷을 적절하게 제어하지 않으면 혼잡이 가중되어 QoS가 떨어지게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 non-active 패킷이 적절히 제어되어야 하며, 이 절에서는 non-active 패킷을 제어하기 위하여 $[Q_{min}, Q_{max}]$ 과 두 점 ($Q_{min}, C_{NA}(N)$), ($Q_{max}, C_A(N)$)사이의 버스트 시간과 버퍼 사용률을 고려한다. 일반적으로 non-active 패킷은 버퍼 사용률은 적고 버스트 시간은 길며, 반대로 active 패킷은 버퍼 사용률이 효과적이고 버스트 시간이 짧은 특성을 가지고 있다. 따라서 버퍼 사용률과 버스트 시간을 고려한 non-active 패킷제어 과정은 다음과 같은 알고리즘에 의해 수행된다.

non-active packet control procedure

Input: \vec{P} , ($Q_{min}, C_{NA}(N)$), ($Q_{max}, C_A(N)$)

Output: active packet

Initial $P_i=0$

while active packet do

for $i=1$ to N do

$$N_A = \frac{N}{\sum_i \frac{1}{P_i}} \times \alpha$$

// P_i 새롭게 입력되는 packets

end for

counter=0

for $i=1$ to N do

if ($\alpha < 0.6$) then

$N_A=1$

counter=counter+1

end if

end for

if ($\alpha > 0.7$) then

return N_A

end if

end while

$N_A > Q_{max}$ 일 때 non-active 패킷들은 제어되며, 결과적으로 버퍼 큐에는 active 패킷들만 남게 된다. 따라서 이러한 과정은 버퍼의 이용률을 증가시키기 때문에 효과적인 혼잡 제어와 처리율을 향상시키게 된다.

3-5 링크 품질 측정

큐 핸들러에서 non-active 패킷을 제어하지 못하면 혼잡으로 인한 링크 오류가 발생하며, 링크 오류는 링크 품질을 떨어뜨리는 문제를 발생시킨다. 본 논문에서는 링크 품질을 보장하기 위하여 패킷들 간의 전송 지연 T_d 와 전송율 T_r 을 고려하며, 이들 파라미터는 링크 품질을 결정하는 중요한 요소이다. 링크 품질은 전송지연 T_d 와 전송율 T_r 의 비율을 이용하여 측정되며, MAC계층구조에서 전체 전송 패킷을 계산하여 측정하게 된다. WMSN에서 무선 링크 품질은 버스트 시간과 크기에 따라 가변적이기 때문에 가장 최근에 측정된 결과는 이전에 측정된 결과보다 더 중요성을 가지게 된다. 즉 최근에 새롭게 측정된 결과들은 현재의 링크 품질보다 더 품질이 높고, 오류가 적다는 것을 의미한다. 이는 시간 구간이 $0 \leq t_1 \leq t_2$ 일 때 $\frac{T_d(t_2)}{T_r(t_2)}$ 는 $\frac{T_d(t_1)}{T_r(t_1)}$ 보다 더 중요함을 의미한다. 따라서 active 패킷에 대한 링크 품질을 보장하기 위해서 우리는 각 시간 구간 t_j 에서의 통계정보 $\frac{T_d(t_j)}{T_r(t_j)}$ 에 기반하여 링크 품질 $L(t_j)$ 를 측정하며, 링크 품질 $L(t_j)$ 는 식(2)와 같이 정의한다.

$$L(t_j) = (1-\alpha) \times L(t_{j-1}) + \alpha \times \frac{T_d(t_j)}{T_r(t_j)} \quad (2)$$

여기서 t_j 는 현재 시간이다.

그리고 난 후 $P_i = P_i \times L(t_j)$ 를 갱신하게 되며, α 는 무선 링크의 안정성을 보장하는 중요한 척도이다. 만일 α 가 1에 가까우면 가장 최근의 정보를 유지하게 되며, α 값이 낮은 값을 유지하게 되면, 링크 품질은 떨어지게 되고 링크 오류가 발생하게 된다.

IV. 시뮬레이션 분석

4-1 시뮬레이션 환경

이 장에서는 제안된 PQS메커니즘을 평가하고, 기존의 다른 기법들과 성능을 비교 분석한다. 제안된 PQS 성능을 알아보기 위하여 기존의 FIFO기법과 소스를 제어기법과 비교분석하며, 시뮬레이션 평가를 위해 표준 IEEE 802.11 프로토콜을 이용한다. 시뮬레이션을 간략화하기 위해 active 패킷을 감지하는 모든 센서 노드들은 일정한 비율을 유지한다고 가정하며, 임의의 표1과 같은 파라미터를 적용하였다. 그리고 미디어 객체들의 참조율을 위한 중요도는 Zipf-like 분포[1]를 이용하였다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터
Table 1. Simulation parameters

파라미터	value
network size	700×700
싱크 당 노드 수	35
speed	30m/s
pause time	0 s
α	$0.5 \leq \alpha \leq 0.9$
packet size	256kbyte
Transmission Area	200m
simulation time	560s
MAC protocol	IEEE 802.11

4-2 시뮬레이션 결과

4-2-1 처리율

그림3은 중요도에 따른 처리율과 단말 간 평균 지연율에 대한 시뮬레이션 결과이다. 그림3에서 보듯이 FIFO는 active 패킷과 non-active 패킷을 구별하지 않기 때문에 PQS 보다 약 25%의 처리율 지연이 발생하고 있으며, 처리율은 전체 시스템의 성능에 중요한 영향을 미친다.

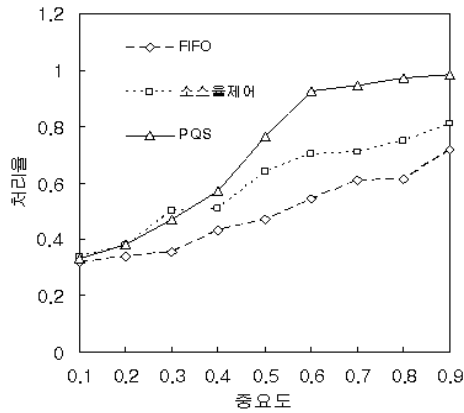


그림 3. 처리율
Fig. 3. Throughput

4-2-2 링크 품질

그림4는 전송지연 중요도에 따른 링크 품질이다. 링크 품질에서 α 가 0.5 이하일 때는 버퍼 큐에 영향을 미치게 되어 전체적인 링크 품질이 떨어지게 된다.

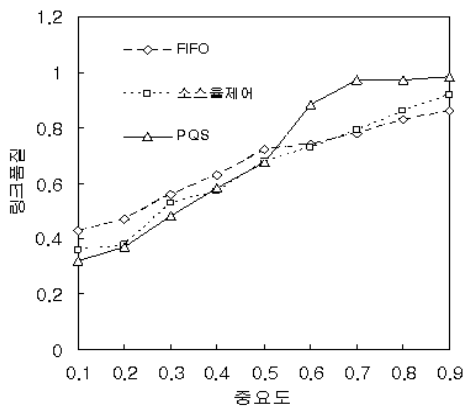


그림 4. 링크품질
Fig. 4. Link quality

그림4에서 보듯이 제안된 기법은 비교적 우수한 소스율 제어기법보다 링크 품질이 향상됨을 알 수가 있다. 이것은 제안된 기법에서는 active 패킷들에 대해서 전송지연 T_d 와 전송율 T_r 가 적용되었기 때문이다. 따라서 active 패킷들을 버퍼 큐에 적합하도록 포워딩 할 때 링크 오류가 효율적으로 제어됨을 알 수 있다. 그러나 링크 품질 관점에서 볼 때 중요도 α 는 전송지연 T_d 와 전송율 T_r 에 중요한 영향을 미치게 된다. 만일 α 가 0.5이하일 때는 버퍼 큐에서 포워

딩 되는 지연이 크게 발생하기 때문에 링크 품질 성능에 영향을 미치게 된다. 본 논문에서는 non-active 패킷들을 효과적으로 제어하여 링크 품질이 보장되도록 하였다.

4-2-3 중요도에 따른 버퍼 큐 제어

중요도는 active패킷과 non-active패킷을 결정하는 중요한 임계값이다. 그림5에서 보듯이 임계값이 클수록 버퍼 이용률이 높고, 대기 시간에 따른 버퍼 큐 이용율이 향상됨을 알 수 있다. 이것은 임계값이 클수록 버퍼 큐에서 패킷 생존율이 더 높음을 의미하며, 지연에 따른 혼잡이 감소함을 의미한다.

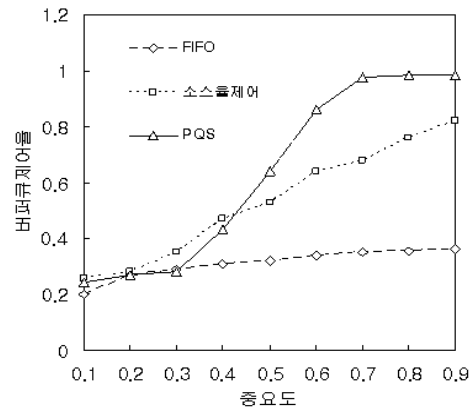


그림 5. 버퍼 큐 제어율
Fig. 5. Buffer queue control ratio

그림5의 제안된 PQS기법은 비교적 우수한 소스율 제어기법보다 버퍼 큐 제어성능이 우수함을 알 수 있다. 제안된 기법에서는 버퍼 큐에 입력되는 패킷들에 대해서 임계값 α 를 적용했기 때문이다. 따라서 active패킷과 non-active패킷을 버퍼 큐에 입력할 때 non-active패킷이 효율적으로 제어됨을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서 우리는 WMSN에서 트래픽 혼잡을 효율적으로 제어하기 위해 새로운 PQS기법을 제안했으며, 제안된 PQS 기법은 active패킷과 non-active패킷을 식별하여 노드들의 위치에 관계없이 센서 노드

들에게 공정한 접근기회를 제공하고 있다. 이처럼 제안된 PQS 기법은 싱크 노드에서 혼잡이 발생하는 동안 non-active패킷을 보다 유연하게 제어할 수 있는 기능을 제공하며, 센서 커버리지의 로컬 정보를 효율적으로 제어하는 기능을 제공한다. 이러한 기능을 위해 본 논문에서는 싱크 노드에서 생성된 패킷들에 대해서 중요도를 적용하였으며, 중요도는 처리율, 지연율, 링크 품질, 그리고 버퍼 큐를 제어하는 중요한 척도이다. 본 논문에서는 시뮬레이션 결과를 통해서 제안된 PQS 기법이 FIFO기법과 소스율 제어 기법에 비해서 성능이 보다 효율적임을 보였다.

Reference

- [1] I. F. Akyildiz, T. Melodia, K. R. Chowdhury, "A survey on wireless multimedia sensornetwork," *Computer networks*, vol. 51, pp.921-960, 2007.
- [2] C. D. Lee, "Similarity-based Caching Replacement Loss Minimization in Wireless Mobile Proxy Systems," *The Journal of Korea Navigation Institute*, vol. 16, no. 3, pp. 455-462, 2012.
- [3] C. D. Lee, "Profit-based Segment Caching for Wireless Streaming QoS," *The Journal of Korea Navigation Institute*, vol. 16, no. 3, pp. 463-470, 2012.
- [4] C. D. Lee, "Fuzzy Relevance-based Clustering for Routing Performance Enhancement in Wireless Ad-Hoc Networks," *The Journal of Korea Navigation Institute*, vol. 14, no. 4, pp. 495-503, 2010.
- [5] J. Paek, K. Chintalapudi, R. Govindan, J. Caffrey, S. Masri, "A Wireless Sensor Network for Structural Health Monitoring: Performance and experience" *In Proceedings of the 2nd IEEE Workshop on Embedded Networked Sensors, Washington, DC, USA*, pp. 8083-8108, 2005.
- [6] M. Rahimi, R. Baer, J. Warrior, D. Estrin, M. B. Srivastava, "In Situ Image sensing and Interpretation in Wireless Sensor Networks," *In Proceedings of the 3rd ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys), San Diego, CA, USA*, 2005. *Sensors* 2009.
- [7] X. Qiu, D. Ghosal, B. Mukherjee, J. Yick, D. Li, "Priority-Based Coverage-Aware Congestion Control for Multihop Sensor Networks," *In Proceedings of the 28th International Conference on Distributed Computing Systems Workshops, Beijing, China*, 2008.
- [8] C. D. Lee, "Transmission Rate-based Overhead Monitoring for Multimedia Streaming Optimization in Wireless Networks," *The Journal of Korea Navigation Institute*, vol. 14, no. 3, pp. 358-366, 2010.
- [9] C. D. Lee, T. W. Jeong, "FRCA: A fuzzy relevance-based cluster head selection algorithm for wireless mobile ad-hoc sensor networks", *Sensors*, vol. 11(3), pp. 1-19, 2011.
- [10] C. D. Lee, T. W. Jeong, J. Y. Ahn, "TRM-based multimedia streaming optimization scheme in wireless networks," *International Journal of Innovative Computing Information Control*, vol. 7(4), pp. 1199-1209, 2011.
- [11] C. Y. Wan, S. B. Eisenman, A. T. Cambell, "CODA: Congestion detection and avoidance in sensor networks," *Proceedings of ACM SenSys (The ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems)*, pp. 266-279, 2003.

이 종 득 (Chong-Deuk Lee)



1983년 2월 : 전북대학교 컴퓨터과
학과(이학사)

1989년 2월 : 전북대학교 컴퓨터과
학과(이학석사)

1998년 2월 : 전북대학교 컴퓨터과
학과(이학박사)

1992년 3월~2002년 2월 : 서남대학교

컴퓨터통신학과 교수

2002년 2월~2012년 5월 현재 : 전북대학교 전자공학부
교수

관심분야 : 무선 모바일 네트워크, 무선센서 네트워크,
MIMO, 유비쿼터스 통신, 등