

무선 센서 네트워크에서 콘텐츠 스트리밍을 위한 전송율 우선순위 기반 트래픽 제어

이종득^{1*}

¹전북대학교 전자공학부

Transmission Rate Priority-based Traffic Control for Contents Streaming in Wireless Sensor Networks

ChongDeuk, LEE^{1*}

¹Div. of Electronic Engineering, Chonbuk National University

요 약 무선 센서 네트워크에서 트래픽과 혼잡제어는 처리율과 QoS (Quality of Service)를 결정하는 중요한 파라미터이다. 본 논문에서는 무선 센서 네트워크에서 디지털 콘텐츠 스트리밍 서비스를 위한 전송율 우선순위 기반의 트래픽 제어 기법을 제안한다. 제안된 기법에서 전송율 우선순위는 버스트 시간과 크기에 따른 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽에 의해 결정된다. 전송율 기반 우선순위는 지연을 줄이고 신뢰성을 향상시킴으로서 스트림이 요청될 때 트래픽이 효율적으로 제어되게 된다. 트래픽 제어는 트래픽 탐지 과정, 트래픽 공지, 그리고 트래픽 제어 조절 과정을 거쳐 스트리밍 서비스가 차별화 되도록 하였다. 시뮬레이션 결과 제안된 기법이 CCF (Congestion Control and Fairness)기법, WCA (Weight-based Clustering Algorithm)기법에 비해서 전송지연, 패킷손실, 그리고 처리율에 대한 성능이 효율적임을 보였다.

Abstract Traffic and congestion control in the wireless sensor network is an important parameter that decides the throughput and QoS (Quality of Service). This paper proposes a transmission rate priority-based traffic control scheme to serve digital contents streaming in wireless sensor networks. In this paper, priority for transmission rate decides on the real-time traffic and non-real-time with burst time and length. This transmission rate-based priority creates low latency and high reliability so that traffic can be efficiently controlled when needed. Traffic control in this paper performs the service differentiation via traffic detection process, traffic notification process and traffic adjustment. The simulation results show that the proposed scheme achieves improved performance in delay rate, packet loss rate and throughput compared with those of other existing CCF and WCA.

Key Words : Traffic, Wireless Sensor Network, Transmission Rate, Digital Contents

1. 서론

무선 센서 네트워크 WSN(Wireless Sensor Network)에서 센서 노드들은 여러 형태의 센서들로 구성되어 있으며, 이러한 센서 노드들은 여러 종류의 데이터를 수집하고 전송하는 역할을 수행한다. 무엇보다 무선 센서 네트워크에서 QoS를 향상시키고, 콘텐츠 스트리밍 서비스를 향상시키기 위한 기능 중의 하나는 혼잡을 효율적으로

제어하는 일이다[1-4].

대부분의 무선 센서 네트워크와 무선 콘텐츠 스트리밍 네트워크 응용에서 트래픽은 주로 기지국 노드와 통신을 수행하는 많은 센서 노드들에서 발생한다[4,5]. 따라서 스트리밍 QoS 성능을 향상시키고, 전송 오버헤드를 줄이기 위한 기법으로 혼잡제어는 매우 중요하다. 특히 스트리밍을 수행하는 과정에서 데이터의 중복성이 상대적으로 높을 경우 데이터 압축, 데이터 융합 및 수집 등과 같은 기

*교신저자 : 이종득(cdlee1008@jbnu.ac.kr)

접수일 11년 04월 08일

수정일 (1차 11년 06월 03일, 2차 11년 07월 06일)

게재확정일 11년 07월 07일

법은 혼잡 제어를 위한 중요한 과정이다. 무엇보다 스트리밍 QoS의 요구사항을 만족하기 위해서는 프로토콜을 설계할 때 네트워크의 여러 속성들을 고려하여 설계되어야 한다. 무선 콘텐츠 스트리밍 네트워크의 여러 응용에서 스트림을 수행하는 센서 노드들은 데이터를 수집하며, 이때 중요도가 낮은 정보들을 수집하고 전송할 때는 자원 낭비 등과 같은 여러 문제들이 발생하게 된다[6].

일반적으로 이중 멀티미디어 센서 네트워크에서 무선 노드들을 구성하고 있는 센서 노드들은 매우 다양하며, 이들 센서 노드들이 수행되는 트래픽 또한 다양하다. 그리고 이들이 수행하는 트래픽의 전송율과 서비스도 서로 다르다.

실제로 무선 콘텐츠 스트리밍 네트워크 응용에서 응용 콘텐츠들은 싱크노드를 향해서 실시간 트래픽이 수행된다. 이러한 실시간 트래픽을 제어하기 위한 기법으로 CCF(Congestion Control and Fairness)기법[7]과 WCA(Weight-based Clustering Algorithm)[8] 기법이 제안되었다. 이들 기법은 센서 네트워크에서 트래픽으로 인한 혼잡을 제어하기 위하여 공평성과 가중치를 적용하였다. 그러나 이들 기법은 공평성과 가중치에 의해 노드들의 자원 이용도는 높지만 실시간으로 처리되는 트래픽에는 처리율이 떨어지고 혼잡이 높게 발생하는 문제점이 발생하고 있다.

따라서 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 버스트를 고려한 전송을 우선순위 기반의 트래픽 제어 기법을 제안한다. 제안된 전송을 우선순위 기반의 트래픽 제어 기법은 트래픽을 탐지한 후 트래픽 우선순위, 출력율, 자식 노드들에 대한 전송율, 그리고 입력 전송율과 출력 전송율에 따라 트래픽이 제어되며, 패킷들을 분산 전송할 때 센서 노드들이 가진 자원을 공유하여 전송율과 우선순위를 결정한다.

본 논문에서는 제안된 기법을 이용하여 트래픽 제어에 따른 전송 지연과 패킷손실을 측정하였으며 그 결과 제안된 기법의 성능이 향상됨을 알게 되었다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안된 기법과 관련된 관련 연구에 대해서 살펴봄, 3장에서는 콘텐츠 스트리밍을 위한 전송을 우선순위 기반의 트래픽 제어 모델에 대해서 기술한다. 그리고 4장에서는 제안된 기법에 대한 시뮬레이션 결과에 대해서 살펴봄, 끝으로 결론에 대해서 살펴본다.

2. 관련연구

무선 센서 네트워크에서 링크 간 혼잡탐지는 proactive

하게 수행되며, 혼잡 지시자를 이용하여 혼잡 탐지가 수행된다. proactive와 혼잡 지시자는 혼잡 탐지 기능을 향상시키며, 이에 대한 기법으로 패킷 서비스 타임기법[8]과 queue length 기법[9,10]등이 제안되었다. 무선 센서 네트워크에서 혼잡을 탐지할 때는 혼잡을 야기하는 업스트림된 센서 노드 또는 자원 노드들에게 혼잡 정보를 미리 알고 있어야 한다. 이것은 명시적으로는 다른 센서 노드들에게 혼잡을 효율적으로 제어하도록 하기 위한 것이며 묵시적으로는 데이터 패킷들을 효율적으로 전송하기 위한 것이다.

노드가 혼잡 알림 메시지를 수신할 때는 노드는 AIMD (Additive Increase Multiplicative Decrease)기반의 전송을 제어 기법을 이용하여 전송율을 조절한다. AIMD 기반의 전송을 제어 기법에는 CCF (Congestion Control and Fairness)와 PCCP (Priority based Congestion Control Protocol)기법이 있다[11]. CCF기법[7]은 센서망에서 혼잡을 줄이기 위한 기법으로서 싱크 노드에 패킷들의 전송을 공평하게 해주는 기법이다. CCF기법은 전송계층구조에서 수행되며 데이터 링크 계층 구조에서 다른 MAC 프로토콜과 함께 작용된다. CCF 알고리즘에서 각 노드는 패킷들이 각 노드에 전송될 수 있도록 평균 전송율을 계산하며, 큐들이 오버플로우가 발생할 가능성이 있거나 오버플로우될 때 전송율을 자식노드의 수로 나누어 전송율을 조절한다.

WCA기법은 센서노드들에게 가중치를 부여하여 혼잡을 서로 다르게 제어한다. 이 기법에서 가중치는 우선순위를 결정하고 소스 트래픽 큐와 전송 트래픽을 결정하기 위해 사용되고 있다. 그러나 WCA 기법은 소스 트래픽 큐와 전송 트래픽을 제어하기 위한 전송율을 알아야 하며, 이로 인하여 트래픽 제어의 효율이 떨어지는 문제가 발생한다. 결과적으로 CCF 기법과 WCA 기법은 많은 트래픽이 같은 링크에서 발생할 수 있고, 네트워크에 대한 병목 현상이 일어날 수 있다. 이것은 네트워크 토폴로지 상에서 네트워크 트래픽의 불균형과 노드 및 링크의 병목 현상을 가중시키며, 이로 인하여 심각한 혼잡 발생 원인이 된다. 따라서 같은 링크 상에서 많은 트래픽과 병목으로 인해 지연율이 증가하고, 패킷 손실이 증가하게 된다.

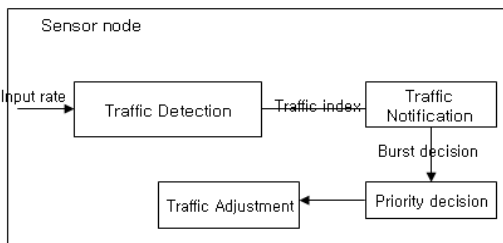
그리고 [11]에서는 혼잡을 효율적으로 제어하기 위하여 PCCP 알고리즘을 제안하였다. PCCP 알고리즘은 무선 센서 네트워크에서 업 스트림 혼잡 제어 프로토콜로서 이 기법은 혼잡 정도를 측정하기 위하여 중간에 도착된 패킷율을 이용한다. 이 알고리즘은 콘텐츠 패킷들이 서로 다를 때 전송율과 우선순위에 따라 콘텐츠 패킷들도 서로 다르게 스트리밍이 수행되어야 하는 문제점을

가지고 있다.

3. 전송률 우선순위 기반의 트래픽제어 메커니즘

3.1 트래픽 탐지

본 논문에서는 노드의 혼잡 조건과 우선순위에 따라 트래픽 자원의 전송율을 조절하며, 트래픽 탐지 구조는 그림 1과 같다.



[그림 1] 트래픽 탐지 구조
[Fig. 1] Traffic detection structure

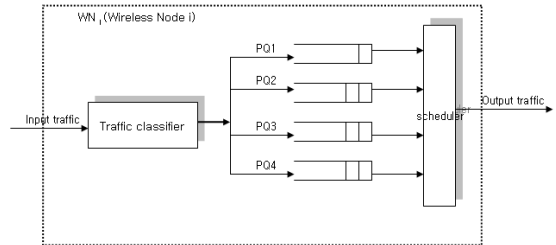
트래픽 제어구조는 트래픽 탐지 모듈, 트래픽공지 모듈, 우선순위 결정, 그리고 트래픽 조절 모듈로 구성된다[12]. 트래픽탐지 모듈은 혼잡을 탐지하는 기능을 수행하며, 혼잡 정도를 결정하기 위해 입력 전송율과 출력 전송율을 측정한다.

제안된 트래픽 제어 프로토콜에서 각 센서 노드는 입력 트래픽 로드 에 대해서 입력 전송율을 측정하고 입력 전송율과 최대 허용 전송률 간의 차이를 계산한다. 트래픽의 각 타임 구간에서 각 부모 노드는 그의 자식 노드의 트래픽 자원뿐만 아니라 지역 트래픽 자원의 전송율까지도 계산한다. 이때 각 센서 노드는 센서 노드들이 서로 다르게 설치될 수 있으며, 이 경우 노드들에 대한 우선순위는 서로 다를 수 있다. 그리고 트래픽 공지 모듈은 트래픽 탐지모듈로부터 혼잡상황을 명시적으로 전달받아 모든 자식 노드들에게 전달하는 기능을 수행한다.

우선순위 결정모듈은 혼잡상황 정도에 따라 활성시간이 짧은 트래픽인지 활성시간이 긴 트래픽인지를 구분하는 역할을 한다. 이때 활성시간이 짧은 트래픽 순으로 우선순위가 결정된다. 끝으로 트래픽 조절 모듈은 현재의 혼잡상황과 자원 트래픽 우선순위를 기반으로 하여 각 자식 트래픽 자원에 대한 새로운 전송율 뿐만 아니라 지역 트래픽 자원의 전송율을 측정하는 역할을 수행한다.

3.2 트래픽공지

트래픽 탐지 과정이 수행된 후에는 트래픽 조절과 우선순위에 따라 트래픽 제어가 수행된다. 본 논문에서는 그림 2와 같은 트래픽 제어 큐잉 모델을 이용하여 트래픽 제어를 효율적으로 수행한다.



[그림 2] 트래픽 제어 큐잉 구조
[Fig. 2] Traffic control queueing structure

그림 2에는 각각의 트래픽 클래스와 트래픽 클래스에 따른 각각의 큐가 존재한다. 각각의 큐에는 서로 다른 고정된 출력율 임계값이 정의된다. 큐의 길이가 최소 임계값보다 적으면 큐에는 혼잡이 발생하지 않으며 혼잡이 가장 낮을 때 혼잡순위를 0으로 설정한다. 그리고 자식 노드의 우선순위에 따라 자식 전송율이 결정된다. 그러나 큐의 길이가 최대 임계값보다 크면 네트워크에는 혼잡상황이 발생하게 되며 이 경우 최대 혼잡순위는 1이 된다. 큐의 길이가 0과 1 사이에 있으면 혼잡 순위 또한 0과 1사이의 값을 가지게 된다.

3.3 우선순위 결정

트래픽이 제어된 후에는 우선순위에 따른 차별화콘텐츠 서비스가 수행된다. 서비스 차별화를 위해 본 논문에서는 우선순위를 각각 트래픽 클래스 우선순위 P_T^i 와 로컬 트래픽 우선순위 P_L^i 로 구분하였다.

여기서 노드 i 는 서로 다른 소스 트래픽이다.

서비스 차별화를 위해 SP_j^i 는 센서 노드 i 에서 트래픽 자원 우선순위 j 를 나타낸다. 자원 우선순위 값 SP_j^i 는 서비스 차별화를 수행하는 공유 자원이다. 우선순위 트래픽이 매우 높은 경우 우선순위가 낮은 트래픽과 구별하기 위하여 SP_j^i 를 정의한다. 본 논문에서 SP_j^i 의 정의는 그림 2의 트래픽 분류기에 의해 수행된다. 각 노드 i 에서 P_T^i 의 값은 SP_j^i 의 합과 같으며, 식 (1)과 같이 정의된다.

$$P_T^i = \sum_j SP_j^i \quad (1)$$

여기서 j 는 TRPQ클래스이고 $j=\{PQ1, PQ2, PQ3, PQ4\}$ 이다. 무선 센서 네트워크에서 센서 노드들이 서로 다를 때는 우선순위 또한 다르게 되며, 우리는 이러한 문제를 해결하기 위하여 로컬 우선순위 P_L^i 를 정의한다. 따라서 노드 i 의 전체 우선순위 TP_i 에 의한 서비스는 P_T^i 와 P_L^i 에 의해 결정되며 식 (2)와 같이 정의된다.

$$TP_i = P_T^i \cdot P_L^i \quad (2)$$

그리고 child(i)를 i 의 자식 노드들이라 할 때 각 자식 노드 i 에 대한 전체 우선순위 CTP_i 는 식 (3)과 같이 정의된다.

$$CTP_i = \sum_{k \in \text{child}(i)} P_L^k + TP_i \quad (3)$$

노드에 자식이 없으면 이에 대한 전체 우선순위는 부모 자식 모두에 대한 우선순위가 같게 된다. 여기서 CTP_i 는 활성중인 트래픽 자원에 의해서만 측정된다. 트래픽 자원이 활성중이지 않으면 트래픽 클래스 유형과 관계없이 SP_j^i 의 값은 0으로 설정된다. 이것은 활성중인 트래픽에 대해서만 서비스를 수행하기 위한 것이다.

3.4 트래픽 조절

싱크 노드에서 업 스트림 혼잡은 센서 노드에서 수신된 트래픽 불일치로 인하여 발생된다. 업 스트림 혼잡이 발생되면 송신측과 수신측의 전송율은 균형을 잃게 되며, 이같은 상황에서는 트래픽 혼잡으로 인하여 전송 성능이 감소하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 전송 노드와 싱크 노드 간의 전송 트래픽을 조절해야 하며, 이장에서는 전송 트래픽을 적응적으로 조절하기 위하여 싱크 노드에서의 처리율, 입력 전송율, 출력전송율, 그리고 최대 전송율을 고려한 트래픽 제어 기법이 제안된다.

제안된 기법은 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽, 그리고 스트림 트래픽이 큰 버스트와 스트림 버스트가 짧은 트래픽을 모니터링하여 트래픽 제어를 수행한다. 이처럼 제안된 트래픽 제어 함수는 전송 노드와 싱크 노드 간의 트래픽을 적절하게 제어하는 기능을 수행하며, 업 스트림 혼잡으로 인해 발생하는 패킷 손실을 최소화하는 기능을 수행한다.

3.4.1 출력율

전송 노드와 싱크 노드 간의 전송율은 싱크 노드에서 처리되는 최대 출력율에 의해 좌우되며, 최대 처리량과 서비스 시간을 고려한 전송을 제어 TC (Transmission Control)은 식(4)와 같이 정의된다.

$$TC = (TRA_{\text{sink}} + ST_{\text{sink}}) \times \alpha + (1 - \alpha) \times AST_{\text{sink}} \quad (4)$$

여기서 TRA_{sink} 는 싱크 노드에서 현재 처리되는 트래픽, ST_{sink} 는 현재 트래픽을 서비스하는 시간, 그리고 AST_{sink} 는 트래픽을 처리하는데 걸리는 평균 서비스 시간이다. α 는 출력율이며, $0 \leq \alpha \leq 1$ 이다.

3.4.2 자식 노드를 고려한 전송율

싱크 노드에서의 최대 출력율은 자식 노드에서 전송된 트래픽에 의해 영향을 받는다. 최대 출력율은 최대 전송율에 의해 좌우되며, 각 자식 노드 i 에 대해서 싱크노드의 최대 전송율은 자식 노드들의 우선순위 P_{child}^i 와 싱크 노드에서의 트래픽 처리 우선순위 P_{TRA}^i 에 의해 결정된다. 따라서 자식 노드들의 우선순위와 싱크 노드에서의 트래픽 처리 우선순위에 따른 최대 전송율 M_β 는 식(5)와 같이 정의된다.

$$M_\beta = \frac{P_{\text{child}}^i}{P_{\text{TRA}}^i} \times \alpha \quad (5)$$

여기서 P_{child}^i 는 자식노드들의 우선순위이고, P_{TRA}^i 는 싱크 노드에서의 트래픽 처리 우선순위이다.

3.4.3 입력전송율과 출력 전송율에 의한 트래픽 제어

입력전송율과 출력전송율이 일치되지 않으면 전송율 불균형으로 인하여 전송 지연이 발생한다. 전송 지연이 발생하면 재전송으로 인한 스트림 혼잡이 발생하며, 이것은 전송 품질의 저하를 가져온다. 입력전송율과 출력전송율에 의한 트래픽 전송율은 자식 노드들에 의해 결정되며, 자식 노드들에 대한 전체 입력 전송율 $TR_{\text{input}}^{\text{child}}$ 은 식(6)과 같이 정의된다.

$$TR_{input}^{child} = \sum_{j \in CN} TR_{output}^j \quad (6)$$

여기서 TR_{input}^{child} 는 자식 노드들에 대한 전체 입력 전송율이며, TR_{output}^j 는 싱크노드에서의 j 번째 자식 노드에 대한 출력 전송율이다.

이때 입력전송율 TR_{input}^{child} 과 출력전송율 TR_{output}^j 과의 출력율 차이 δT 는 식(7)과 같이 정의된다.

$$\delta T = AS T_{sink} \times M_{\beta} - TR_{input}^{child} \quad (7)$$

따라서 싱크 노드에서 출력 전송율에 따라 j 번째 자식 노드를 제어하기 위한 트래픽 제어 TC_{output}^j 는 식(9)와 같이 정의된다.

$$TC_{output}^j = TR_{output}^j \times \delta T + M_{\beta} \quad (9)$$

스트림 혼잡과 지연으로 인한 패킷 손실을 줄이기 위해서는 각 자식 노드들은 전송율을 감소시켜야 한다. 감소되는 양은 각 노드들의 전체 우선순위에 반영되며, 반영된 우선순위는 트래픽을 효과적으로 제어하여 높은 링크 사용율을 보장해 준다.

4. 시뮬레이션 분석

이 장에서는 이벤트-지향 시뮬레이션 (event-driven simulation)을 수행하여 제안된 기법의 성능을 비교분석한다. 이벤트 지향 시뮬레이션의 목적은 센서 노드들의 성능 파라미터를 변화시키면서 성능을 평가하기 위한 것이다.

시뮬레이션 분석을 위해 4.1절에서는 시뮬레이션 환경에 대해서 살펴보고, 4.2절에서는 시뮬레이션 결과에 대해서 살펴본다.

4.1 시뮬레이션 환경

본 논문에서 시뮬레이션을 위한 각 트래픽의 TRPQ는 100패킷으로 제한하였으며, 첫 번째 시뮬레이션에서 모든 트래픽들의 전체 우선순위는 1로 세팅시켰다. 그리고 싱크 노드의 버스트 타임은 0.01s로 제한하였으며, 시뮬레이션 성능 파라미터는 표 1과 같다.

[표 1] 시뮬레이션 성능 파라미터
[Table 1] Simulation parameters

파라미터	값
비디오 뉴스 프레임 수	1,600
TRPQ	100
버스트 시간	0.01s
출력율(α)	$0.5 \leq \alpha \leq 0.95$
출력율 차이	0.05
손실확률	0.02
시뮬레이션 시간	360s

시뮬레이션 시간은 360s로 세팅시켰으며, 표 2는 CCF, WCA, 그리고 제안된 기법의 처리율(throughput), 패킷 손실율(loss rate), 큐잉 지연율(queueing delay)이다. 표 2에서 보듯이 비교적 성능이 우수한 WCA와 비교해 볼 때 손실 확률이 약 0.02 정도가 향상됨을 알 수 있다.

[표 2] 시뮬레이션 결과
[Table 2] Simulation results

Performance	비교 기법		
	CCF	WCA	제안기법
Throughput	0.842	0.970	0.991
Loss rate	0.191	0.127	0.013
Queueing delay rate	0.052	0.039	0.022

본 논문에서는 시뮬레이션을 5회 반복하여 평균 전송 지연, 패킷 손실율, 트래픽 제어율, 그리고 처리율을 측정하였다. 평균 전송지연과 패킷 손실율을 측정하기 위하여 활성시간을 0에서 400s까지 10개의 시간 구간으로 설정하였으며, 트래픽 제어율과 처리율의 성능을 측정하기 위하여 출력율을 0.5에서 0.05씩 증가시켜 0.95까지 설정하였다.

4.2 시뮬레이션 결과

본 논문에서는 성능 평가를 위해서 콘텐츠 수, 버스트 크기, 출력률, 그리고 패킷 크기에 따라 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션에서 사용된 주요 성능 척도는 평균 지연율, 패킷 손실율, 트래픽 제어율, 그리고 평균 처리율이다.

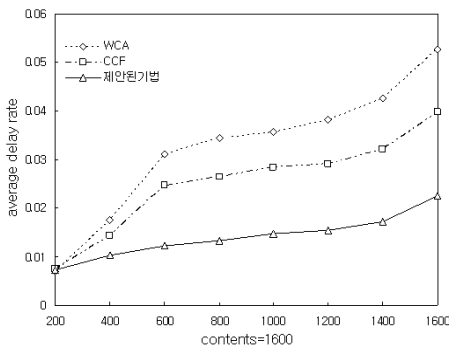
제안된 기법의 성능을 평가하기 위하여 각 센서 노드의 서로 다른 트래픽 클래스 즉 {PQ1, PQ2, PQ3, PQ4}를 가정하였다. 서비스 차별화를 위한 트래픽 클래스는 트래픽 분류기에 의한 결과를 반영하였으며, 서비스 차별화를 위한 트래픽 결과는 PQ1, PQ2, PQ3, PQ4 순으로 하였다. 따라서 본 논문에서는 이들 성능 척도에 기반을

두고서 시뮬레이션을 수행하였으며, 성능 비교는 CCF 기법과 WCA 기법으로 구분하여 수행하였다.

4.2.1 콘텐츠 수에 따른 평균 지연율

첫 번째 성능평가는 콘텐츠 수를 200, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1600으로 점차 증가시켜 가면서 평균 지연율을 평가하였다. 이에 대한 시뮬레이션 결과는 그림 3과 같다.

평균 지연율 평가에서는 트래픽 클래스에서 스트림 혼합이 가장 적게 발생한 PQ1 클래스를 기반으로 하여 시뮬레이션을 수행하였다.



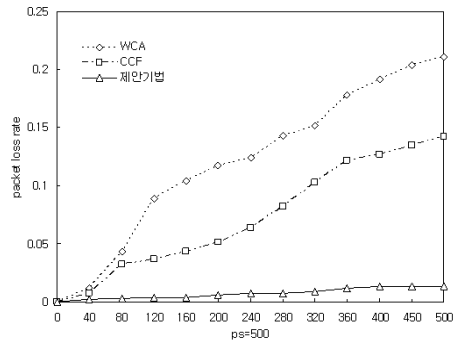
[그림 3] 콘텐츠=1600일 때 평균지연율
[Fig. 3] Average delay rate with contents=1,600

그림 3에서 보듯이 콘텐츠 수가 증가할 때 제안된 기법의 지연 절약율은 비교적 높게 나타났음을 알 수 있다. 이것은 출력율 α 와 최대 전송율 M_β 가 트래픽 제어에 영향을 미치기 때문이다. 따라서 제안된 기법은 각 콘텐츠 객체들에 대한 출력율과 전송율 그리고 PQ 클래스가 반영되었기 때문에 콘텐츠객체 수가 증가해도 다른 비교 기법들에 비해서 평균 지연율의 성능이 향상됨을 알 수 있다.

4.2.2 패킷 크기에 따른 평균 손실율

두 번째 성능평가는 패킷 크기를 고려한 평균 손실율 측정이다. 그러나 스트림 패킷 크기가 싱크 노드에서 처리할 수 있는 용량보다 너무 작거나 크면 시스템 성능에 영향을 미친다.

본 논문에서는 이러한 문제를 피하기 위하여 스트림 패킷이 너무 크거나 작은 패킷들은 배제시켰다. 본 논문에서는 싱크 노드에서 패킷 크기에 따른 손실율을 측정하기 위하여 패킷 크기를 0에서 0.5KB 까지 변화시켜 가면서 시뮬레이션을 5회 반복 수행하였다. 이에 대한 시뮬레이션 결과는 그림 4와 같다.



[그림 4] 패킷 크기에 따른 손실율
[Fig. 4] Packet loss rate by packet size

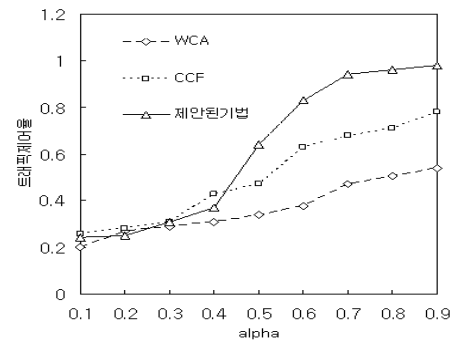
그림 4에서 보듯이 제안된 기법이 트래픽을 효율적으로 제어함을 알 수 있다. 실제 우리는 시뮬레이션에서 센서 노드에 대해서 트래픽을 제어하지 않았을 때 디코딩율에 의한 오버플로우가 자주 발생함을 확인할 수 있었다.

트래픽이 발생하면 송신측은 재전송을 수행해야 하며, 그 결과 콘텐츠의 QoS는 떨어지게 되며 이로 인해 센서 네트워크의 처리율은 감소되게 된다.

4.2.3 출력율에 따른 트래픽 제어율

세 번째 성능평가는 출력율을 적용한 트래픽 제어율이 다. 출력율 α 가 0.5 이하일 때는 버퍼 캐시 제어에 영향을 미치게 된다. 버퍼 캐시에서 패킷 스트림을 위한 출력율이 낮으면 지터 지연이 발생한다. 이것은 결국 혼잡을 발생하게 되어 시스템 QoS가 감소되게 된다.

본 논문에서는 시스템 QoS의 변화를 알아보기 위하여 출력율 α 를 0.1에서 0.9까지 변화시켜 가면서 시뮬레이션을 수행하였다. 이에 대한 시뮬레이션 결과는 그림 5와 같다.



[그림 5] 출력율을 이용한 트래픽 제어율
[Fig. 5] Traffic control rate by output rate

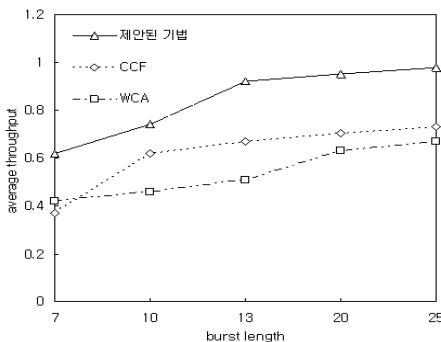
그림 5에서 보듯이 제안된 기법은 비교적 우수한 CCF 기법보다 트래픽 제어가 효율적임을 알 수 있다. 이것은 제안된 기법에서는 스트림 패킷들에 대해서 트래픽 제어를 수행했기 때문이다.

따라서 트래픽 패킷들을 버퍼 캐시에 적합하도록 제어할 때 스트리밍이 효율적으로 수행됨을 알 수 있다. 그러나 참조율 관점에서 볼 때 참조 가중치 ω 는 버퍼 캐시에 영향을 미치게 된다.

본 논문에서는 콘텐츠 서버로부터의 콘텐츠 패치 균형을 유지하기 위하여 스트림 패킷 크기가 너무 작거나 캐시 용량을 초과하는 패킷들에 대해서 트래픽 제어 사상을 적용하여 버퍼 캐시를 유지하도록 하였다.

4.2.4 버스트 크기에 따른 평균 처리율

네 번째 성능평가는 버스트 크기에 따른 평균 처리율이다. 평균 처리율을 측정하기 위해 버스트 크기를 2에서 25까지 임의로 선택하여 5회 반복 수행하였다. 이에 대한 분석 결과는 그림 6과 같다.



[그림 6] 버스트 시간에 따른 평균 처리율
[Fig. 6] Average throughput by burst time

그림 6에서 보듯이 제안된 기법은 평균 처리율 관점에서 볼 때 다른 비교 기법들에 비해서 성능이 우수함을 알 수 있다. 특히 비교적 성능이 우수한 CCF 기법과 비교해 볼 때 성능이 약 25% 정도 향상됨을 알 수 있다. CCF 기법과 WCA 기법의 성능이 상대적으로 낮은 이유는 버스트 크기에 대한 트래픽 제어가 반영되지 않았기 때문이다.

특히 무선 센서 네트워크에서 스트림 패킷은 웹 객체 스트림 패킷과는 달리 싱크노드에서 더 큰 혼잡과 지연 문제가 발생된다. 그러나 제안된 기법은 스트림 패킷들에 대해서 전송을 우선순위, 출력율 등이 반영하였기 때문에 싱크 노드에서 버스트 크기가 큰 객체가 새롭게 입력되어도 스트림 제어를 효율적으로 수행하여 처리율에는 큰

변화가 발생하지 않음을 알 수 있다.

6. 결론

무선 센서 네트워크에서 트래픽 혼잡은 재전송으로 인하여 전송지연과 패킷 손실을 유발시킨다. 본 논문에서는 센서 네트워크에서 트래픽 혼잡으로 인해 발생하는 오버헤드를 줄이고, 효율적인 콘텐츠 스트리밍 서비스를 위한 전송을 우선순위 기반 트래픽 제어 기법을 제안하였다.

제안된 기법은 활성시간이 짧은 실시간 트래픽과 활성시간이 긴 비실시간 트래픽을 구분하여 낮은 단계에서 높은 단계로 우선순위 큐를 보다 단계적으로 구조화하였다. 그리고 우선순위 큐 구성을 위해 혼잡 조건과 전송율에 따라 트래픽 탐지 구조를 설계하였으며, 트래픽 탐지 구조에 의해 트래픽 스트림이 조절되도록 하였다.

또한 본 논문에서는 싱크 노드에서 업스트림 된 전송율을 제어하기 위하여 출력율을 고려하였으며, 출력율에 따라 트래픽이 조절되도록 하였다.

우리는 시뮬레이션을 통해서 제안된 기법의 성능을 비교분석하였으며, 그 결과 제안된 기법이 비교적 성능이 우수한 WCA 기법과 비교해 볼 때 시스템 성능이 효율적임을 알 수 있었다.

References

- [1] C. D, Lee, "Transmission Rate-Based Overhead Monitoring for Multimedia Streaming Optimization in Wireless Networks," KONI, Vol. 14-3, pp. 358-366, June, 2010.
- [2] C. D, Lee, "Fuzzy Relevance-Based Clustering for Routing Performance Enhancement in Wireless Ad-Hoc Networks," KONI, Vol. 14-4, pp. 495-503, August, 2010.
- [3] C. D, Lee, T. W, Jeong, "Fuzzy filtering based segment grouping for user-centered multimedia streaming service in P2P distribution mobile networks," Journal of internet technology, Vol. 11-5, pp 651-658, 2010.
- [4] Villalba, L. J. G., Orozco, A. L. S., Cabrera, A. T., and Abbas, C. J. B. "Routing protocols in wireless sensor networks," Sensors, Vol. 9, pp. 8399-8421, 2009.
- [5] Islam, T. A., Manel, G. Z., Jamal, N. and Julian, M. P. "Wireless multimedia sensor networks: current trends and future directions." Sensors, Vol. 10, pp. 6662-6717, 2010.
- [6] Yaghmaee, M. H, and Adjeroh, D. A., "Priority-based rate control for service differentiation and congestion

- control in wireless multimedia sensor networks," *Computer Networks*, Vol. 53, pp. 1798 - 1811, 2009.
- [7] Ee, C. T., Bajcsy R., "Congestion control and fairness for many-to one routing in sensor networks," in: *Proceedings of ACM Sensys*, November 2004.
- [8] Dhurandher, S. K. and Singh, G. V., "Weighted-based adaptive clustering algorithm in mobile ad hoc networks," *ICPWC'2005*, pp.96-100, 2005.
- [9] Lyer Y. G., Gandham S., Nenkatesan S., "STCP: A generic transport layer protocol for wireless sensor networks," In: *Proceedings of IEEE ICCCN 2005*, San Diego, CA, October 17-19, 2005.
- [10] Hull B., Jamieson K., Balakrishnan H., "Mitigating congestion in wireless sensor networks," In: *Proceedings of ACM Sensys'04*, Baltimore, MD, November 3-5, 2004.
- [11] Wang C., Sohraby K., Daneshmand M., Hu. Y., "Upstream congestion control in wireless sensor networks through cross-layer optimization," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications* 25, Vol. 4, pp. 786-795, 2007.
- [12] Wan C. Y., Eisanman S. B., Campbell A. T., "CODA: Congestion Detection and Avoidance in sensor networks," in: *Proceedings of ACM Sensys'03*, Los Angeles, CA, November 5-7, 2003.

이 중 득(ChongDeuk, LEE)

[정회원]



- 1983년 2월 : 전북대학교 컴퓨터 과학과(이학사)
- 1989년 2월 : 전북대학교 컴퓨터 과학과(이학석사)
- 1998년 2월 : 전북대학교 컴퓨터 과학과(이학박사)
- 1992년 3월 ~ 2002년 2월 : 서남대학교 컴퓨터통신학과 교수
- 2002년 2월 ~ 현재 : 전북대학교 전자공학부 교수

<관심분야>

유비쿼터스 통신, 무선 모바일 네트워크, 무선센서 네트워크, 무선모바일 애드혹 네트워크 등