

무선 홈 IoT 서비스를 위한 적응형 트래픽 간섭제어 시스템

이종득
전북대학교 전자공학부

An Adaptive Traffic Interference Control System for Wireless Home IoT services

Chong-Deuk Lee
Div. of Electronic Engineering, Chonbuk National University

요약 무선 홈 IoT (Internet of Things) 상에서 대용량 트래픽 간섭은 패킷 손실의 원인이 되며, 패킷 손실은 무선 홈 네트워크의 QoS와 처리율을 떨어뜨린다. 본 논문에서는 실시간 트래픽과 비실시간 트래픽을 탐지하여 무선 홈 IoT 서비스의 QoS 및 처리율을 향상시키기 위한 새로운 적응형 트래픽 간섭 제어 시스템, ATICS(Adaptive Traffic Interference Control System)을 제안한다. 제안된 시스템은 트래픽 특성에 따라 단기(short term) 트래픽 혼잡 프로세스와 장기(long-term) 트래픽 혼잡 프로세스로 구분하여 트래픽 간섭을 제어한다. 시뮬레이션 결과 제안된 기법은 다른 비교 기법들에 비해서 트래픽 간섭 제어 성능 척도가 더 효율적임을 보인다.

주제어 : 무선 홈 IoT, 트래픽 간섭, 처리율, 단기 트래픽, 장기 트래픽

Abstract The massive traffic interferences in the wireless home IoT provides the reason for packet losses, and it degrades the QoS (Quality of Service) and throughput on the home network. This paper propose a new adaptive traffic interference control system, ATICS, for enhancing QoS and throughput for IoT services as detecting a traffic process and non-traffic process in the wireless home network. The proposed system control the traffic interferences as distinguishing the short-term traffic process and long-term traffic process by traffic characteristics in wireless home networks. The simulation results shows that the proposed scheme have more efficient traffic control performance than the other schemes.

Key Words : Wireless home IoT, Traffic interferences, Throughput, Short-term traffic, Long-term traffic

1. 서론

현재 무선 IoT 서비스는 무선 센서 네트워크상에서의 싱크 노드 기반의 IoT 디바이스 서비스와 LTE-A 망에서의 셀룰러 방식의 디바이스 서비스가 주를 이루고 있

다. 특히 IoT 서비스가 무선 가전에도 활발하게 적용될 것으로 예상됨에 따라 이들의 성능을 극대화시키고 사용상의 이용률을 극대화하기 위한 여러 방법들이 제안되고 있다[1, 2, 3]. 일반적으로 IoT 서비스는 유선통신 또는 Zigbee, Bluetooth, WLAN 등의 근거리 무선 통신, WiFi

Received 6 February 2017, Revised 15 March 2017
Accepted 20 April 2017, Published 28 April 2017
Corresponding Author: Chong-Deuk Lee
(Chonbuk National University)
Email: cdlee1008@jbnu.ac.kr

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ISSN: 1738-1916

direct 등의 D2D (Device to Device)기술, 그리고 WCDMA/LTE-A와 같은 셀룰러 접근 방식의 통신 기술이 주로 사용되고 있다[2, 4]. 통신상에서 이처럼 다양한 IoT 디바이스들에 대하여 QoS가 보장된 서비스를 제공하기 위해서는 IoT 트래픽 혼잡으로 야기된 간섭 제어 기술이 요구되며, 이들 간섭 제어 기술은 무선 홈 네트워크상의 다양한 IoT 디바이스들에 대한 데이터 스트리밍과 트래픽 플로우를 보장받게 된다[5, 6].

그러나 QoS보장 관점에서 볼 때 무선 홈 디바이스들의 자원 제약, 서로 다른 응용 데이터 즉 실시간 데이터와 비 실시간 데이터들로 인한 트래픽 간섭은 IoT통신 자원을 효과적으로 사용하지 못할 뿐만 아니라 전체 네트워크의 성능을 떨어뜨리는 원인을 제공한다[7, 8, 9]. 무엇보다 무선 홈 네트워크에서 IoT 노드들은 실시간 트래픽 프로세스와 비 실시간 트래픽 프로세스들에 대하여 많은 영향을 받기 때문에 이들을 적응적으로 탐지하고 제어하기란 매우 어려운 일이다. 또한 무선 홈 네트워크 관점에서 볼 때 IoT 트래픽을 적절하게 제어하지 못할 경우 패킷 손실, 링크 지연, 처리율 등과 같은 QoS 척도에 영향을 미치게 되며, 홈 네트워크에서 모든 노드들은 중간 노드들을 통해서 싱크 노드로 데이터 패킷을 전송하기 때문에 이 과정에서 오버플로우로 인한 혼잡이 발생하게 된다[10, 11, 12, 13]. 이러한 과정 또한 IoT 네트워크 성능에 영향을 미치며, 무선 홈센서 네트워크에서 IoT 노드들의 혼잡에 의한 간섭을 제어하는 일은 QoS 향상을 위해 매우 중요한 과정이다.

따라서 본 논문에서는 버스트 시간 하에 실시간 트래픽 프로세스와 비 실시간 트래픽 프로세스들을 적응적으로 탐지하여 제어하는 새로운 적응형 트래픽 제어 시스템, ATICS를 제안한다. 제안된 시스템은 실시간 트래픽 프로세스와 비 실시간 트래픽 프로세스들을 특성에 따라 단기 트래픽 혼잡(short-term traffic congestion) 프로세스와 장기 트래픽 혼잡(long-term traffic congestion) 프로세스로 구분하여 혼잡을 제어하도록 하며, 비 실시간 트래픽 프로세스보다 실시간 트래픽 프로세스들에 대하여 우선순위를 높게 부여하여 트래픽 혼잡을 제어하도록 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구에 대해서 살펴보고, 3장에서는 트래픽 간섭 제어 시스템 모델에 대해서 기술한다. 그리고 4장에서는 제안된 기법

에 대한 시뮬레이션 결과에 대해서 기술하고, 끝으로 5장에서는 결론에 대해서 기술한다.

2. 관련연구

최근에 무선 홈센서 네트워크상에서 IoT서비스 실현을 위한 트래픽 간섭 제어 기술 및 혼잡 제어 기술에 대한 많은 연구가 수행되고 있다. 무선 홈센서 네트워크의 경우 신뢰성 있는 양방향 통신, 이동성, 커버리지, 채널 대역폭 혼잡, 그리고 자원 제약 등으로 인하여 싱크 노드에서의 여러 형태의 트래픽 간섭 문제를 경험하게 된다. 또한 현재의 무선 홈센서 네트워크는 홈 디바이스 중심의 D2D 통신 위주로 설계되기 때문에 트래픽 특성이 다른 IoT 디바이스들 간의 통신 서비스에는 여러 제약점을 가지게 되며, IoT 디바이스의 수가 많은 경우 기존의 기법으로는 트래픽 간섭 문제를 해결하기 어렵다는 문제점이 발생한다[14, 15].

이러한 문제를 해결하기 위하여 Shao는 eNB간의 x2 인터페이스를 통한 상호 정보교환 방법을 이용하여 M2M 트래픽 혼잡 및 간섭을 제어하는 기법을 제안하였다[2]. 그리고 Kim은 preamble기법을 이용하여 collision으로 인한 채널 간섭 문제를 해결하기 위한 알고리즘을 제안하였다[16].

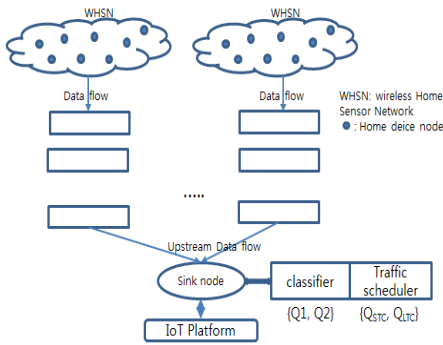
CODA (Congestion detection and avoidance)[16]은 현재 버퍼 상태와 무선 채널 대역폭을 모니터링하여 혼잡을 탐지하는 기법으로서 업스트림을 수행하기 위해 대기 중인 노드들의 출력률을 감소시켜 혼잡을 제어한다. Fusion [17]은 hop-by-hop 플로우 제어 기법, 소스 제약 기법, 그리고 우선순위 기반 MAC 기법을 적용하여 혼잡에 의한 간섭 문제를 해결한다. ESRT[18]은 혼잡 공지 패킷을 패킷 헤더에 세트시켜 버퍼 상태를 체크한 후 버퍼가 풀 상태이면 혼잡을 제어하고, 그렇지 않을 경우에는 혼잡을 제어하지 않는 기법이다. 이들 기법은 모든 노드들에게 똑 같은 처리율을 보장하도록 공정성을 제공하고 있지만 트래픽이 수행되지 않는 비활성 노드 및 비 실시간 트래픽 프로세스, 그리고 장기 트래픽 혼잡의 경우 버스트 노드 간주로 인하여 링크 이용률 및 처리율이 떨어지는 문제점을 가지게 된다. 따라서 본 논문에서는 비활성 노드, 비 실시간 트래픽 프로세스, 그리고 장기 트래

픽 혼잡으로 인한 간섭을 최소화하기 위하여 새로운 간섭 제어 기법 ATICS를 제안한다.

3. 트래픽 간섭 제어 시스템

3.1 시스템 모델

본 논문에서 트래픽 간섭제어를 위해 제안된 시스템 모델은 [Fig. 1]과 같다. [Fig. 1]의 싱크 노드는 분류기와 트래픽 스케줄러로 구성되며, 분류기는 각 무선 홈센서 네트워크(WHSN)로부터 업 스트림된 데이터 플로우들을 분석하여 이들 데이터 플로우들이 실시간 트래픽 프로세스인지 비 실시간 트래픽 플로우인지를 구별하는 역할을 하며, 트래픽 스케줄러는 단기 트래픽 혼잡 프로세스인지 장기 트래픽 혼잡 프로세스인지를 구별하는 역할을 수행한다.



[Fig. 1] The Proposed System Model

[Fig. 1]에서 Q1은 실시간 트래픽 프로세스를 관리하는 큐이고, Q2는 비 실시간 트래픽 프로세스를 관리하는 큐이다. 그리고 Q_{STC}는 단기 트래픽 혼잡 프로세스를 관리하기 위한 큐이고, Q_{LTC}는 장기 트래픽 혼잡 프로세스를 관리하기 위한 큐이다. [Fig. 1]에서 보듯이 분류기는 Q1과 Q2를 구별하기 위해 사용되며, 트래픽 스케줄러는 우선순위에 따라 큐에서 데이터 플로우 패킷의 서비스 순서를 결정하는 역할을 수행한다. 이제 λ를 스케줄링 척도라 하고, 그리고 P_i={Q₁, Q₂}를 실시간 트래픽 프로세스와 비실시간 트래픽 프로세스를 구분하기 위한 우선순위 척도라 하자. 이때 WHSN으로부터 일정 시간동안 싱크노드로 플로우 데이터 패킷을 전송하는 척도

는 식(1)과 같이 정의한다.

$$\text{정의1} \quad DF_{send} = \frac{\lambda \times P_i}{Q_1 + Q_2} \quad (1)$$

여기서 DF_{send}는 플로우 데이터 패킷들 중에서 지연율이 낮고, 서비스율과 신뢰도가 높은 트래픽 프로세스를 선택하여 데이터 플로우 패킷들을 전송하게 된다.

3.2 트래픽 스케줄러

WHSN에서 트래픽 스케줄러의 기능은 혼잡을 최소화하여 신뢰도 r을 보장해주는 일이며, 신뢰도 보장을 위해서 각 홉의 트래픽 신뢰도를 r_i=r^{1/h}라 하고, 전체 홉 간 트래픽 신뢰도를 ∏r_i=r라 하자. 이때 응용 데이터 패킷을 전송하는 과정에서 혼잡이 발생하면, 비실시간 응용 데이터 패킷의 우선순위를 낮게 하여 재전송으로 인한 지연 간섭을 최소화하게 된다. 이처럼 본 논문에서는 비실시간 응용 데이터 재전송으로 인한 간섭을 최소화 하도록 트래픽 스케줄링을 수행하게 된다.

3.3 지연 탐지

WHSN에서 실시간 응용 데이터들은 패킷 지연에 대해 민감하며, 이들 패킷 지연은 엄격한 QoS를 요구하고 있기 때문에 본 논문에서는 패킷 재전송은 허용되지 않는다고 가정한다. 만일 업 스트림 과정 중 실시간 응용 데이터들에 대해서 혼잡이 발생하면 싱크 노드는 데이터 플로우 혼잡으로 인한 트래픽 처리 지연을 경험하게 된다. 우리는 싱크 노드 지연, 단말간 전파지연, 그리고 실시간 응용 데이터에 대한 처리를 등을 고려하여 지연을 탐지하며, IoT 싱크 노드 상에서 실시간 응용 데이터들에 대한 지연 척도 파라미터는 <Table 1>과 같다.

<Table 1> Dealy Metric Parameters

D _{sink}	Sink node delay rate
D _P	Propagation delay between nodes
R _{RTP}	Data rate for real-time application data
D _{RTP}	Delay rate for real-time application data
T _{RTP}	Throughput for real-time application data

따라서 임의의 IoT 노드 i 에 대한 실시간 응용 데이터의 전체 큐잉 지연은 식(2)와 같이 정의한다.

$$\text{정의2} \quad D_{RTP} = \frac{R_{RTP}}{T_{RTP}} \quad (2)$$

또한 임의의 IoT 노드 i 가 기본 경로에서 싱크 노드까지 도달하는데 발생하는 단말 간 큐잉 지연은 식(3)과 같이 정의한다.

$$\text{정의3} \quad D_q = \sum_{i, \text{sink} \in \text{path}} \frac{R_{RTP}}{T_{RTP}} \quad (3)$$

그리고 임의의 IoT 노드 i 가 기본 경로에서 싱크 노드까지 도달하는데 걸리는 전파 지연은 식(4)와 같이 정의한다.

$$\text{정의4} \quad D_{\text{sink}} = \sum_{i, \text{sink} \in \text{path}} \frac{R_{RTP}}{T_{RTP}} + \sum_{i, \text{sink} \in \text{path}} \lambda \times \text{Dist}_{i, \text{sink}} \quad (4)$$

여기서 $\text{Dist}_{i, \text{sink}}$ 는 IoT노드 i 에서 싱크노드까지의 거리이며, λ 는 혼잡율이다.

3.4 트래픽 분류기

트래픽 분류기는 가중치와 우선순위에 따라 여러 개의 큐가 구성된다. 이때 가중치에 따라 큐가 서로 다르게 처리되며, 가중치가 높은 큐일수록 높은 우선순위를 갖게 된다. 가중치에 따라 응용 데이터 패킷이 큐로 분류되면, [Fig. 1]의 트래픽 분류기와 스케줄러에 의해 $Q1$, $Q2$, Q_{STC} , Q_{LTC} 로 분류되고 스케줄링된다. 여기서 텍스트, 이미지와 같은 비실시간 응용 데이터는 낮은 가중치를 부여 받게 되며, 큐의 구조에서 가장 낮은 단계의 큐에 배치된다. 이에 반해서 비디오, 오디오와 같은 실시간 응용 데이터는 비교적 높은 가중치를 부여 받으며, 높은 단계의 큐에 배치된다. 만일 임의의 실시간 응용 데이터가 최대 지연시간 안에 처리되지 못하면, 이 경우 실시간 응용 데이터라 할지라도 낮은 단계의 큐에 배치되게 된다. 이러한 이유는 최대 지연시간으로 인한 재전송 및 간섭 문제를 최소화하기 위한 조치이다. 트래픽 분류기에 의한 큐의 구성은 비디오 데이터와 같은 우선순위가 비교적 높은 응용 데이터와 텍스트, 이미지와 같은 우선순위가 비교적 낮은 응용 데이터를 순차적으로 구성하며, 실시간 응용 데이터 $Q1$ 과 비실시간 응용 데이터 $Q2$ 를

분류하는 과정은 식(5), 식(6)과 같이 정의된다.

$$\text{정의5} \quad TC_{RTP} = \sum_{i=0}^n S(P_{\text{loss}}, L_{sn, \text{sink}}) \times CBW_{i, RTP} \quad (5)$$

$$\text{정의6} \quad TC_{NRTP} = \sum_{i=0}^n S(P_{\text{loss}}, L_{sn, \text{sink}}) \times CBW_{i, NRTP} \quad (6)$$

여기서 S 는 sink node이며, P_{loss} 는 IoT 소스 노드와 싱크 노드간에 측정된 패킷 손실율이다. 그리고 $L_{s, \text{sink}}$ 는 IoT 소스 노드와 싱크 노드간에 전송된 응용 데이터 크기이며, $BW_{i, RTP}$ 는 i 번째의 응용 데이터 전송을 위한 채널 대역폭이다. 따라서 모든 응용 데이터들에 대한 트래픽 분류 과정은 식(7)과 같이 정의된다.

$$\text{정의7} \quad TC_{\text{all-traffic}} = \frac{\text{all-traffic}(RTP, NRTP)}{\sum_{i=0}^n S(P_{\text{loss}}, L_{sn, \text{sink}})} \times \omega \quad (7)$$

여기서 ω 는 가중치이며, 0과 1사이의 값이다.

이처럼 분류된 트래픽은 실시간 응용 데이터와 비실시간 응용 데이터들에 대해서 IoT 소스 노드 특성과 네트워크 조건을 반영하면서 트래픽 간섭을 최소화하는 장점을 제공하게 된다.

3.4 트래픽 혼잡 프로세스

트래픽 혼잡 프로세스는 트래픽 스케줄러에 의해 관리되며, 이 과정은 트래픽 혼잡이 단기 혼잡 트래픽 프로세스 Q_{STC} 에 의한 혼잡인지 장기 혼잡 트래픽 프로세스 Q_{LTC} 에 의한 혼잡인지를 식별하는 기능을 수행한다.

3.4.1 단기 혼잡 트래픽 프로세스(Q_{STC})

무선 홈 IoT서비스를 수행하는 무선 홈 센서 네트워크에서 일반적으로 혼잡은 네트워크의 중간노드들에서 발생한다. 무선 홈센서 네트워크에서 단기 혼잡을 피하기 위해서는 트래픽 분류기에 의해서 응용 데이터를 실시간 응용 데이터와 비실시간 응용 데이터로 분류하는 것이며, 또한 트래픽 스케줄러에 의해서 혼잡을 관리하는 일이다. 단기 혼잡은 기본 라우팅 과정에서 실시간 트래픽으로 인한 혼잡이 발생할 때 이웃 노드들에게 트래

픽을 분담하여 기본 라우트에 할당된 부담을 줄이기 위한 것이다. 결국 이와 같은 과정은 기본 라우트의 부담을 경감하여 실시간 트래픽의 성능을 유지하는 효과를 제공하게 된다.

3.4.2 장기 혼잡 트래픽 프로세스(Q_{LTC})

단기 혼잡 제어 과정은 규모가 비교적 작은 실시간 트래픽 플로우를 우선적으로 해결하기 위한 과정이며, 이에 반해서 장기 혼잡제어는 비교적 규모가 큰 실시간 트래픽 플로우들을 제어하기 위한 과정이다. 일반적으로 장기 혼잡은 기본 라우팅을 통해서 데이터 패킷을 전송할 때 재전송 및 대용량의 트래픽 플로우로 인하여 빈번하게 발생한다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해서 싱크노드에게 주기적으로 비콘 메시지를 전송하여 트래픽 상태가 Q_{STC} 인지 Q_{LTC} 를 점검하게 된다. 이 과정에서 싱크노드는 수신된 응용 데이터들을 점검한 후 Q_{STC} 와 Q_{LTC} 로 구분하여 큐를 관리하게 된다. 이렇게 함으로써 소스 IoT 노드에서 싱크 노드로 응용 데이터 패킷을 전송할 때 라우팅 과정에서 발생하는 트래픽 혼잡 및 간섭을 쉽게 제어하게 된다.

3.4.3 혼잡 탐지

Q_{STC} 와 Q_{LTC} 에서 혼잡탐지는 패킷 전송율 P_{rate} 와 패킷 처리율 $P_{throughput}$ 을 고려하여 탐지한다. 만일 $P_{rate} > P_{throughput}$ 이고, $Q_{LTC} > Q_{STC}$ 이면, 오버플로우로 인한 혼잡이 발생하며, 반면에 $P_{rate} < P_{throughput}$ 이고, $Q_{LTC} < Q_{STC}$ 이면, 오버플로우로 인한 혼잡은 발생하지 않지만 $P_{throughput}$ 에 비해 P_{rate} 가 너무 낮기 때문에 언더플로우로 인한 지연 문제가 발생할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 이 절에서는 P_{rate} 와 $P_{throughput}$ 를 고려한 혼잡 문제를 탐지하며, P_{rate} 와 $P_{throughput}$ 에 따른 오버플로우와 언더플로우를 예방하기 위하여 식(8)과 같은 소비율을 정의한다.

$$\text{정의8 } S(i) = \frac{P_{rate}}{P_{throughput}} \quad (8)$$

따라서 t_1, t_2, \dots, t_n 의 도착 순서에 따라 k-번째 응용

데이터 패킷이 싱크 노드에 전송되는 패킷 전송율은 식(9)와 같이 정의된다.

$$\text{정의9 } P_{rate} = \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{1}{\sum_{i=1}^k \frac{t_k}{k}} \quad (9)$$

여기서 평균 패킷 전송율은 λ^{-1} 이 되며, IoT 소스 노드는 주기적으로 식(9)를 탐지하여 평균 서비스율을 측정하게 되며, 패킷 처리율은 식(10)과 같이 정의된다.

$$\text{정의10 } P_{throughput} =$$

$$(1-\omega) * C(\alpha) + \omega * \left(\frac{1}{S_{time}} \right) \quad (10)$$

여기서 S_{time} 은 전송한 패킷을 서비스 해주는 서비스 시간이며, $C(\alpha)$ 는 현재 서비스율이다.

평균 패킷 전송율이 평균 패킷 처리율보다 크면 Q_{LTC} 이 되며, 이 경우 장기 혼잡 상태에 빠질 수 있다. 이처럼 혼잡 탐지는 노드 수준 혼잡과 링크 수준 혼잡을 측정하는 중요한 척도로써 간섭 제어 척도로 이용된다.

4. 시뮬레이션 분석

이 장에서는 제안된 시스템의 성능을 알아보기 위하여 트래픽 처리율과 싱크노드에서의 전파지연율을 측정한다. 우리는 시뮬레이션 편의를 위해 WHSN상에서 정적 단일 경로 라우팅만을 고려하여 성능평가를 수행하며, 시뮬레이션 파라미터는 <Table 2>와 같다.

<Table 2> Simulation parameters

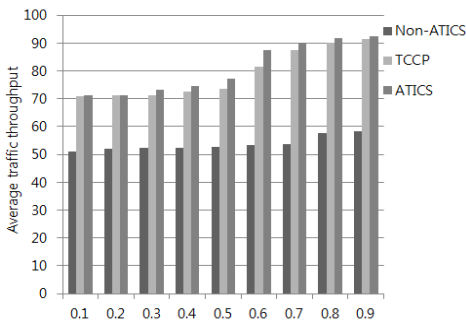
parameter	values
Node number of maximum home sensor	100
Network size	100×100m ²
Maximum rate	512kbps
Packets/s	10
Packet size for application data	1Mbytes
Average packet number for transmission	7
weights	$0 \leq \omega \leq 1$

시뮬레이션에서 우리는 각 IoT 홈센서 노드들에게 공평한 접근 기회를 제공하기 위하여 CSMA/MAC 프로토콜을 사용하였다. 그리고 임의의 IoT 홈센서 노드는

WHSN에 존재한다고 가정한다. 제안된 기법의 성능을 알아보기 위하여 Non-ATICS와 TCCP에 대해서 성능을 비교분석한다.

4.1 트래픽 처리율

[Fig. 2]는 가중치 ω 에 따른 평균 트래픽 처리율을 나타낸 것이다. [Fig. 2]에서 보듯이 0.1에서 0.5사이에서는 평균 트래픽 처리율이 80%이하로 낮았으며, 이후 점차로 증가하여 0.8과 0.9사이에서 최대 트래픽 처리율을 보이고 있음을 알 수 있다. 0.1에서 0.5사이에서는 이 시간대에 장기 트래픽 플로우가 비교적 많이 발생되었음을 의미하며, 이로 인하여 큐의 점유율이 증가하게 된다. 그리고 0.8과 0.9사이에서는 트래픽 분류기와 스케줄러에 의해서 비교적 실시간 단기 트래픽 플로우들이 많이 분석됨으로써 트래픽 처리율이 상대적으로 증가하게 됨을 알 수 있으며, 이로 인하여 큐의 점유율이 감소하게 됨을 알 수 있다. 결과적으로 제안된 시스템은 단기 트래픽 플로우와 장기 트래픽 플로우를 안정적으로 처리하여 트래픽으로 인한 간섭을 줄일 수 있음을 알 수 있다.



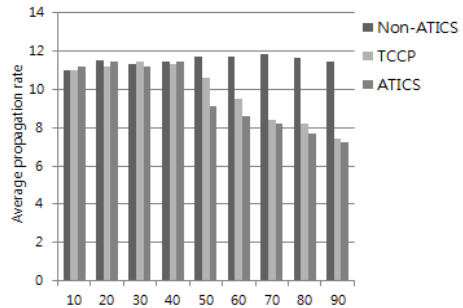
[Fig. 2] Average Traffic Throughput

4.2 전파지연율

[Fig. 3]은 혼잡율에 따른 평균 전파지연율을 나타낸 것이다. 전파지연은 IoT노드 i 에서 싱크노드까지의 거리와 에너지 잔량에 영향을 받으며, 본 시뮬레이션에서는 거리와 에너지 잔량을 반영하여 전파지연율을 측정하였다.

[Fig. 3]에서 보듯이 혼잡율이 낮을 때에는 평균 전파지연율이 비교적 높게 나타남을 알 수 있다. 이것은 상대적으로 에너지 손실이 높게 발생하고 있음을 나타내며, 단기 트래픽 플로우와 장기 트래픽 플로우가 간섭의 영

향을 받고 있음을 의미한다. 그러나 제안된 시스템은 비교 기법들에 비해서 혼잡율이 높게 나타나도 실시간 응용 데이터와 비실시간 응용 데이터들을 안정적으로 제어함을 알 수 있다.



[Fig. 3] Average Propagation Delay Rate

따라서 제안된 시스템은 실시간 및 비실시간 장/단기 트래픽 플로우들에 대해서 적응적으로 반영하여 트래픽 간섭의 영향을 덜 받게 되며, 이로 인하여 큐의 활용을 극대화할 수 있는 장점을 제공하게 된다.

5. 결론 및 향후연구

향후 5G 기가급 통신 서비스가 본격적으로 상용화 될 것으로 예상됨에 따라 IoT 가정 홈서비스를 최적화하기 위한 많은 연구가 진행될 것으로 전망된다. 본 논문에서는 WHSN상에서 가정 홈IoT서비스를 최적화하기 위한 새로운 적응형 트래픽 제어 시스템, ATICS를 제안하였다. 제안된 시스템은 IoT 소스 노드로부터 전송된 응용 데이터 플로우들을 트래픽 분류기와 스케줄러가 분류하고 스케줄링함으로써 실시간/비실시간 응용 데이터 및 장/단기 트래픽 혼잡 프로세스들을 관리하도록 한다. 시뮬레이션 결과 제안된 시스템은 다른 비교기법들에 비해서 혼잡이 발생해도 트래픽 처리를 안정적으로 수행하였으며, 또한 전파 지연을 효과적으로 제어함을 알 수 있었다. 평균 트래픽 처리율은 TCCP에 비해 약 2%의 성능 향상을 보였으며, 전파지연율 또한 약 2%의 성능 향상을 보임을 알 수 있었다. 향후 연구로는 시뮬레이션 척도를 보다 다양하게 적용하여 시스템의 효율성과 안정성을 좀 더 체계적으로 측정하는 방법을 연구하도록 하겠다.

REFERENCES

- [1] Z. Kan, H. Fanglong W. Wenbo, X. Wei, M. Dohler, "Radio resource allocation in LTE-advanced cellular networks with M2M communications", *IEEE Communications Magazine*, Vol. 50, No. 7, pp.184-192, 2012.
- [2] S. Y. Lien, T. H. Liao, C. Y. Kao, K. C. Chen, "Cooperative Access Class Barring for Machine-to-Machine Communications," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, Vol. 11, No. 1, pp.27-32, 2012
- [3] C. D. Lee, "Proxy-based Caching Optimization for Mobile Ad Hoc Streaming Services," *The Society of Digital Policy & Management*, Vol. 10, No. 4, pp. 207-216, 2012.
- [4] C. D. Lee, "Object Segment Grouping for Wireless Mobile Streaming Media Services," *The Society of Digital Policy & Management*, Vol. 10, No. 4, pp. 199-206, 2012.
- [5] S. H. Lee, D. W. Lee, "A Study on U-Health Fusion Field Based on Internet of Things," *Journal of the Korean Convergence Society*, Vol. 7, No. 4, pp. 19-24, 2016.
- [6] E. B. Choi, S. J. Lee, "Access Control Mechanism Based on MAC for Cloud Convergence," *Journal of the Korean Convergence Society*, Vol. 7, No. 1, pp. 1-8, 2016.
- [7] C. D. Lee, "A Distributed Domain Document Object Management using Semantic Reference Relationship," *The Society of Digital Policy & Management*, Vol. 10, No. 5, pp. 267-274, 2012.
- [8] M. H. Lee, "A Study on N-Screen Convergence Application with Mobile WebApp Environment", *Journal of the Korea Convergence Society*, Vol. 6, No. 2, pp. 43-48, 2015.
- [9] C. D. Lee, "Cluster Routing for Service Lifetime of Wireless Multimedia Sensor Networks," *The Society of Digital Policy & Management*, Vol. 11, No. 5, pp. 279-284, 2013.
- [10] R. Jullian, P. U. Maheswari, "An Energy-Efficient Cluster Head Selection Technique Using Network Trust and Swarm Intelligence," *Wireless Personal Communications*, Vol. 89, No. 2, pp. 351-364, 2016.
- [11] A. B. F. Guiloufi, N. Nasri, A. Kachouri, "An Energy-Efficient Unequal Clustering Algorithm Using Sierpinski Triangle for WSNs," *Wireless Personal Communications*, Vol. 83, No. 3, pp. 449-465, 2016.
- [12] H. S. Kim, S. H. Lee, "Multi-Path Network Resource Allocation with Shared Backup Bandwidth," *Journal of Convergence Society for SMB*, Vol. 6, No. 4, pp. 17-23, 2016.
- [13] S. K. Park, "Proposal of a Mobility Management Scheme for Sensor Nodes in IoT," *Journal of Convergence Society for SMB*, Vol. 6, No. 4, pp. 59-64, 2016.
- [14] C. D. Lee, "Streaming Media QoS Evaluation based on 2-Layer Mapping in Wireless Multimedia Sensor Networks," *The Society of Digital Policy & Management*, Vol. 11, No. 5, pp. 313-318, 2013.
- [15] K. S. Kim, M. J. Kim, K. Y. Baek, D. K. Son, J. H. Kim, J. Y. Ahan, "A novel random access for fixed-location Machine-to-Machine Communications in OFDMA Based Systems", *IEEE Communications Letters*, Vol. 16, No. 9, pp. 1428-1431, 2012.
- [16] C. Y. Wan, S. B. Eisenman, A. T. Campbell, "CODA: Congestion detection and avoidance in sensor networks," in Proc. ACM SenSys, pp. 266-279, 2003.
- [17] B. Hull, K. Jamieson, H. Balakrishnan, "Mitigating Congestion in Wireless Sensor Networks," in Proc. ACM Sensys, pp. 134-147, 2004.
- [18] Y. Sankarasubramaniam, O. Akan, and I. Akyildiz, "ESRT: Event-to-Sink Reliable Transport in Wireless Sensor Networks," Proc. Fourth ACM Symp. Mobile Ad Hoc Networking and Computing (MobiHoc '03), pp. 177-188, 2003.
- [19] C. D. Lee, T W Jeong, S Lian, "Tournament-based congestion control protocol for multimedia streaming in ubiquitous sensor networks," *International Journal of Communications System*, Vol. 24, No.10, pp. 1246-1260, 2011.
- [20] C. D. Lee, "Cluster-Based Node Management Algorithm for Energy Consumption Monitoring in

Wireless Mobile Ad Hoc Networks,” *The Society of Digital Policy & Management*, Vol. 14, No. 9, pp. 317-323, 2016.

이 중 득(Lee, Chong Deuk)



- 1983년 2월 : 전북대학교 전산과(이학사)
- 1989년 2월 : 전북대학교 전산과(이학석사)
- 1998년 2월 : 전북대학교 전산과(이학박사)
- 1992년 2월 ~ 2002년 2월 : 서남대학교 컴퓨터정보통신학과 교수
- 2002년 3월 ~ 현재 : 전북대학교 전자공학부 교수
- 관심분야 : 무선 애드 혹 네트워크, 4G LTE, 5G Mobile Communications 등
- E-Mail : cdlee1008@jbnu.ac.kr