

# QoS를 지원하는 무선센서 네트워크에서의 QMAC 프로토콜

정회원 이진영\*, 김성철\*\*

## QMAC Protocol Supporting QoS in Wireless Sensor Networks

Jin-young Lee\*, Seong-Cheol Kim\*\* *Regular Members*

### 요약

본 논문에서는 무선센서 네트워크에서 서비스의 질(QoS)을 지원하면서 전송 효율을 높이기 위한 무선 센서네트워크에서의 QMAC 프로토콜을 제안한다. 제안된 QMAC에서는 우선순위를 가지는 패킷 전송을 원하는 송신 노드가 CSMA/CA 방식을 통하여 수신 노드에게 전송 요청을 하고, 수신 노드에서는 네트워크 토폴로지와 전송되어지는 패킷의 우선순위와 전송 트래픽 양에 따라 TDMA 방식으로 적절히 슬롯을 할당함으로써 여러 수신 노드들 사이에 슬롯 중복 할당으로 인한 충돌을 낮춤으로 QoS를 지원하면서 동시에 전송효율을 높일 수 있다는 장점을 가진다.

**Key Words :** Wireless Sensor Network(WSN), QoS, CSMA/CA, Energy Saving.

### ABSTRACT

In this paper we propose a QMAC to support QoS(Quality of Service) and to enhance the transmission throughput in Wireless Sensor Networks(WSNs). In the proposed QMAC, sender nodes send transmission request packets with QoS requirements to the receivers node using CSMA/CA MAC protocol. And the receiver node assigns slots according to the packet priority, network topology, and the amount of traffics using TDMA. Using QMAC we get the enhanced throughput and QoS support by lowering the duplicated slot assignment.

### I. 서론

환경 및 헬스 모니터링, 산업 및 홈 자동화 제어, 군 정찰 등 다양한 분야에 걸친 응용을 가지는 무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Networks: WSNs)에 대해 최근 많은 연구가 이루어지고 있다. WSNs는 대개 커다란 다중 홉(multi-hop) 무선 네트워크로 이루어지며, 구성하고 있는 노드들은 분산된 센싱 기능을 수행하기 위하여 무선 매체에 의해 연결된다. WSN에서는 데이터의 전송이 센서 노드들로부터 데이터를 모으는 액세스 포인트(access

point: AP)로 흐르며, 노드들이 제한된 전력 지원을 받는다는 특성을 가진다. 즉, 한번 네트워크가 구성되면 이들 구성 노드들에게 지속적인 전력 공급이 이루어지지 않고 배터리에 의해 한시적으로 제공된다. 따라서 WSN의 MAC 프로토콜을 설계하는데 있어서 전력 절약 문제를 고려할 필요성이 있다. 그동안 WSN의 많은 MAC 프로토콜들이 연구되어졌는데, 이들은 서로 다른 에너지 절약 메커니즘을 가진다<sup>1,2,3,4,5,6,7</sup>. 지금까지 연구된 센서 노드들의 에너지 소모를 줄이기 위한 프로토콜은 다음과 같이 4가지로 크게 분류될 수 있다. 첫째는 duty cycle 제

\* SK C&C U-biz 연구소 (jylee00@skcc.com), \*\* 상명대학교 소프트웨어 학부 (sckim@smu.ac.kr)  
논문번호 : KICS2007-05-204, 접수일자 : 2007년 5월 7일, 최종논문접수일자 : 2007년 9월 6일

어 프로토콜인데, SMAC<sup>[2]</sup>, TMAC<sup>[3]</sup>, DMAC<sup>[4]</sup>을 예로 들 수 있다. SMAC에서는 일정한 duty cycle 프레임을 사용하여 동일한 슬립(sleep) 시간과 wake up 시간을 반복적으로 되풀이 한다. 같은 슬립 스케줄링을 갖는 노드들을 한 번에 스케줄링 할 수 있는 장점을 가지고 있지만, 데이터 전송의 측면에서 트래픽이 많을 경우 주기적인 슬립으로 인한 지연시간이 발생하는 단점을 가진다. S-MAC을 보완한 TMAC에서는 하나의 프레임을 활성 및 슬립 구간으로 나누며, duty cycle로 활성(active) 구간을 조절함으로써 에너지 소비를 줄여 노드의 수명을 연장시킨다. 둘째는 CSMA나 CSMA/CA를 기초로 하는 임의 접근 프로토콜로서 B-MAC<sup>[5]</sup>, X-MAC<sup>[6]</sup>을 들 수 있다. 이 중 B-MAC은 적용 가능한 프리앰블(adaptive preamble) 개념을 사용하는데, S-MAC과 비교하여 duty cycle, 불필요한 listening 줄임으로써 에너지를 절약할 수 있는 장점을 가진다. 하지만 긴 프리앰블로 인해 깨어있는 노드들은 프리앰블이 끝날 때까지 기다려야하고, 프리앰블이 다 끝나고 나서야 목적지 주소를 알 수 있기 때문에 필요 이상으로 기다리는 시간이 발생하는 단점을 가진다. 셋째는 고정 접근 프로토콜인데, ER-MAC<sup>[8]</sup>, A-MAC<sup>[9]</sup> 등이 대표적인 예이다. ER-MAC은 분산 TDMA방식으로 그룹화(grouping)를 통해서 같은 슬롯에서 같이 처리한다. 충돌제거, 불필요한 listening 시간을 줄이고, 제어 패킷의 오버헤드를 줄임으로써 에너지 절약을 한다. 마지막으로 접근 채널을 2개로 하여 임의 접근 채널과 고정 접근 채널을 사용하는 하이브리드(Hybrid) 프로토콜을 들 수 있다.

Z-MAC<sup>[10]</sup>, TRAMA<sup>[11]</sup>가 여기에 속하는데, Z-MAC은 2홉 내의 지역 정보를 이용하여 오너(owner) 슬롯을 우선 할당하고 CSMA방식으로 나머지 노드들이 슬롯을 획득하기 위해 경쟁함으로써 노드 간 충돌을 줄인다. TRAMA에서는 2 홉의 정보로 CSMA 구간동안 노드 간 우선순위를 정한다. 각각의 전송 노드들은 할당된 TDMA 구간에서 데이터를 전송한다. 우선순위가 높은 노드가 먼저 슬롯을 할당받게 되어, 먼저 데이터를 전송할 수 있는 장점이 있는 반면, 적은 트래픽의 네트워크 환경에서는 불필요한 listening이 발생하고, 트래픽이 많은 네트워크 환경에서는 채널 이용효율이 떨어지는 단점이 있다. 이와 같이 기존에 연구된 MAC 프로토콜들은 충돌 및 전송 지연의 문제점을 보이고 있다. 따라서 본 논문에서는 한 홉의 트래픽 정보를 이용하여 슬롯의 구간을 나누어, 전송 노드들에게 임의

로 슬롯을 할당하여 충돌을 줄일 수 있는 새로운 프로토콜을 제안하고자 한다.

무선 센서 네트워크에 대한 연구는 주로 구조 및 프로토콜의 설계, 에너지 효율 등에 집중되어 있고, QoS를 지원하는 것에 대한 연구가 미미한 상태이다. 이는 WSNs는 기존의 네트워크와 매우 다른 특성을 가지기 때문이다. 즉, WSNs는 에너지, 대역폭, 메모리 등 심각한 자원 제한의 특성과 대부분의 WSNs에서는 트래픽이 주로 많은 수의 노드들로부터 적은 수의 싱크(sink) 노드로 흐른다. 뿐만 아니라 전력 소모로 인한 노드 및 링크에서의 실패(failure) 등으로 인하여 QoS 지원이 매우 어려운 문제점을 가진다. 따라서 본 논문에서는 WSNs에서 고려해야 할 여러 QoS 중에서 데이터의 우선순위를 지원하는 메커니즘을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 본 논문에서 제안하는 전송효율을 높이며, QoS를 지원하는 QMAC 프로토콜에 대해 설명하고, QoS를 지원하는 메커니즘에 대한 설명이 III장에서 이루어진다. IV장에서는 본 논문에서 제안된 프로토콜의 성능 분석 및 기존 프로토콜과의 비교가 이루어지고, 본 논문의 결론이 V장에서 이루어진다.

## II. QMAC 프로토콜

기존의 MAC 프로토콜 중에 트래픽에 적응적인 MAC 프로토콜이 많이 제안되었다. 그 중에 LASMAC (Lightweight and Adaptive Scheduling MAC)<sup>[11]</sup>은 기본적으로 적은 데이터 전송, 적은 노드 수의 네트워크 환경을 위하여 고안된 알고리즘으로 전송하고자 하는 패킷들의 충돌을 최대한 줄임으로써 성공 확률을 높일 수 있는 방법이다. 이를 위하여 LASMAC에서는 CSMA/CA와 TDMA 두 메커니즘 모두를 사용하는 하이브리드 형식을 취한다. 아래 그림 1과 같이 프레임(Frame)을 크게 2 구간으로 나누는데, CSMA/CA 방식을 사용하는 임의접근(Random Access) 구간과 TDMA 방식을 사용하는 스케줄된 접근(Scheduled Access)구간이다. 임의 접근 구간은 SYNC 신호를 보내는 SYNC 구간과 전송노드가 전송을 요청하는 TR 구간, 그리고 수신자가 데이터를 전송할 슬롯을 각각의 전송노드에게 할당하는 SA구간으로 이루어진다. 스케줄된 구간에서는 할당 받은 구간에 전송 노드들이 수신 노드에게 패킷을 전송한다. 이를 위하여 전송 노드들이 TR 구간에서 수신자들에게 전송을 요구하는 TR 패킷을 보낸다.

이 TR 패킷에는 보내고자 하는 목적지의 주소와 보내고자 하는 패킷의 양에 대한 정보가 들어있다. 수신 노드는 이 TR 패킷의 정보를 바탕으로 하여 SA 구간에서 각각의 전송노드들에게 데이터를 전송할 슬롯을 임의로 할당하여 주고, 브로드캐스트를 통하여 전송 노드들에게 알려준다. 하지만 LASMAC에서는 같은 전송 영역에 두 개 이상의 다른 수신 노드들이 있을 경우에는 충돌 발생할 확률이 높아져 전송률이 떨어지는 단점을 가진다. 본 논문에서 제안된 방식은 다음과 같이 동작한다.

어느 노드가 전송할 데이터가 있는 경우 그 노드는 CSMA/CA의 백오프(Backoff) 방식을 이용하여 TR 구간에서 TR(Transmission Request) 패킷을 보낸다. 이 TR 패킷에는 목적지의 주소, 전송하고자 하는 데이터 패킷의 양에 대한 정보가 들어있다.

각각의 노드들은 TR 구간 동안 다른 수신자가 사용하고자 하는 슬롯의 양과 수신자의 개수를 알 수 있다. 그리고 TR 구간 동안 자신의 주소를 목적으로 하는 TR 패킷이 없다면 그 노드는 가지고 있던 TR 패킷의 정보들을 버리고, 슬립모드로 들어간다. 예를 들어, 그림 2의 (a)에서 S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>가 R<sub>1</sub>에게, S<sub>3</sub>는 R<sub>2</sub>에게 전송한다고 할 경우, R<sub>1</sub>과 R<sub>2</sub>는 자신을 포함하여 수신 노드가 2개가 있다는 것을 알게 된다. 또한 데이터 전송에 필요한 슬롯의 양을 알 수 있게 된다. 한편 브로드캐스트 전송을 할 때에는 그림 2의 (b)에서와 같이 이웃들에게 TR 구간에서 TR 패킷을 전송하고, DATA/ACK 구간에서 데이터를 전송한다.

TR 패킷을 받은 수신 노드들은 SA 구간 동안 CSMA/CA의 백오프를 이용하여 SA 패킷을 전송함으로써 각각의 전송 노드들이 전송할 수 있는 슬롯을 할당하는 역할을 한다. 이 SA 패킷에는 전송 노드들이 전송할 슬롯에 대한 정보가 들어간다. 본 논문에서 제안된 알고리즘에서 수신 노드들은 송신 노드들이 요청한 트래픽의 양에 따라 슬롯을 할당한다. 수신 노드들은 브로드캐스트로 전송되어진 TR 패킷을 통하여 자신 뿐 만 아니라 다른 수신 노드들의 MAC 주소와 동일한 전송 영역에서의 수신자 노드의 수를 알고 있다. 수신 노드는 슬롯을 할당할 때 이러한 정보를 이용한다. 즉, MAC 주소가 작은 순서대로 전체 프레임의 슬롯을 구분하여 할당된다. 예를 들어, 어느 노드가 동일한 전송 영역 중에 자신 이외의 다른 하나의 수신 노드가 존재하며, 자신의 MAC 주소보다 더 작은 주소를 가짐을 알면, 전체 프레임의 후반 슬롯 영역으로 할당한다. 이처

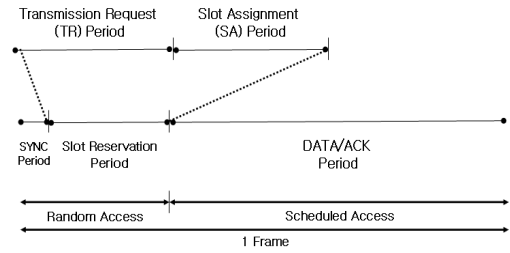
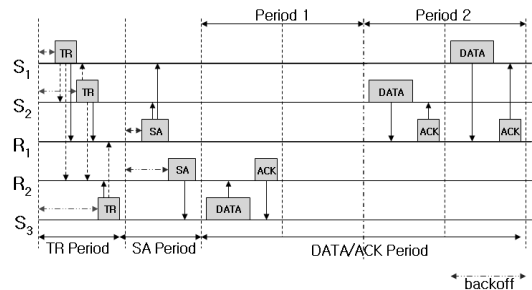
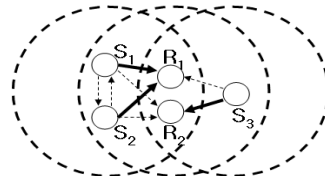


그림 1. 프레임 구성  
Fig 1. Frame Format



(a) 유니캐스트인 경우  
(a) Unicast



(b) 브로드캐스트인 경우  
(b) Broadcast

그림 2. QMAC에서의 패킷 전송  
Fig 2. Packet Transmission in QMAC

럼 서로 다른 영역의 슬롯을 할당함으로써 수신 노드들의 임의로 할당된 슬롯에서의 충돌을 막을 수 있다. 수신노드는 이런 방식으로 할당된 슬롯 정보를 SA 패킷을 통하여 전송 노드들에게 알려준다.

### III. QoS를 지원하는 메카니즘

WSNs에서 QoS 지원에 대한 연구는 에너지 효율적인 것 혹은 프로토콜 설계 등에 대한 연구보다 적게 이루어졌는데, 그것은 WSNs이 기존의 네트워크와 많은 점에서 매우 다른 특성을 보이기 때문이다. 즉, 기존의 네트워크에서 QoS 문제는 주로 중단간 대역폭이 필요한 멀티미디어 트래픽의 요구사항과 지연 혹은 손실에 관련된 데이터 전송에 집중

이 된다. 그러나 WSNs에서는 센서에 의해 수집된 데이터를 어떻게 효율적이고 효과적으로 전달하는가에 대한 새로운 QoS 파라미터가 요구된다. 일반적인 WSN은 많은 수의 센서 노드들로 이루어져서 필요에 따라 온도, 압력, 습도, 잡음, 빛 상태 등의 정보를 수집하여 싱크 노드로 전달한다. WSN에서 기지국에서 필요에 따라 메시지를 브로드캐스트하면, 해당 노드들은 수집된 데이터를 기지국으로 보낸다. 이들 데이터는 주로 모니터링 목적으로 오랜 시간 동안 주기적으로 보내진다. 이를 센서 리포트(sensor reports)라 부른다<sup>[12]</sup>. 이와 다르게 일반적인 트래픽으로 센서 리포트를 모으기 위한 라우팅 셋업용이 있는데, 이러한 트래픽은 주로 특정 방향이 아닌 브로드캐스팅 되어 지며, 센서 리포트에 비해 적은 양이 보내어 진다. 이처럼 WSN에서 서로 특성이 다른 트래픽들에 대하여 우선순위 혹은 중요성에 비례하여 트래픽 전송량을 조정함으로써 QoS를 지원하려는 것이 필요하다. 이를 위하여 앞에서 제안되었던 QMAC이 사용되어 진다. QMAC에서의 QoS 지원 동작은 다음과 같다.

먼저 송신 노드는 TR 패킷에는 앞서와 같이 목적지의 주소, 전송하고자 하는 데이터 패킷의 양, 전송하려는 트래픽의 클래스 정보가 실린다. 이 TR 정보는 같은 영역에 있는 모든 수신 노드들에게 알려진다. 비록 이 TR 패킷에 대한 수신 노드가 아닐지라도 수신된 이 정보를 통하여 모든 수신 노드들은 슬롯을 할당하게 된다. 할당되어지는 슬롯의 수와 할당 영역은 해당 네트워크에서 미리 정해진 대로 행함으로 전송 효율도 높일 뿐 만 아니라 동시에 필요한 우선순위를 지원할 수 있다. 예를 들어, 2 개의 우선순위 트래픽이 존재하는 경우 우선순위가 낮은 트래픽의 전송 요청을 받은 수신노드는 다른 우선순위가 높은 트래픽 전송요청이 있음을 알았을 때, 해당 프레임에서의 전송을 미루거나 혹은 전송 슬롯 할당을 줄일 수 있다. 그러나 같은 우선순위의 트래픽 전송요청을 받았을 경우에는 앞에서 설명한 방식대로 슬롯을 할당한다.

#### IV. 성능 분석

본 장에서는 본 논문에서 제안된 알고리즘과 기존의 LASMAC과의 성능을 데이터 전송 시 성공확률과 슬롯 이용 효율 2 가지 측면에서 성능 비교가 이루어진다. 또한 2 종류의 우선순위를 가지는 트래픽을 전송하는 경우의 전송 효율에 대해 알아

본다. 이러한 성능 비교는 송수신 노드들의 여러 다른 구성들에 대하여 고찰한다. 계산의 편의를 위하여 하나의 프레임은 12 개의 슬롯으로 이루어졌다고 가정한다.

#### 4.1 동일한 전송 영역에 두 개의 수신 노드가 존재하는 경우

아래의 그림 3에서 볼 수 있듯이 수신 노드 R1과 R2가 동일 전송 영역에 존재하며, 수신 노드 R1은 두 개의 송신 노드로부터 패킷을 수신하게 되며, 수신 노드 R2는 하나의 송신 노드로부터 데이터를 수신한다.

그림 4에서는 패킷을 전송할 때 성공할 확률에 대한 비교를 보여준다. 하나의 노드에서 한 번에 요청한 패킷을 1, 2, 3으로 전송한다고 가정했을 때의 전송 성공확률을 보여 준다. 그림에서의 값들은 10,000 개의 프레임에서 측정된 평균값이다. 앞 절에서 설명된바와 같이 본 논문에서 제안된 알고리즘에서 두 개의 수신 노드들은 동일한 프레임 내의 서로 다른 영역의 슬롯을 할당하기 때문에 두 개의 수신노드들에 의한 중복 슬롯 할당이 일어나지 않으나, LASMAC에서는 하나의 노드가 전송하려는 패킷의 수가 증가할수록 중복 할당되는 슬롯의 수가 많아지기 때문에 성공확률이 급격히 떨어짐을 알 수 있다.

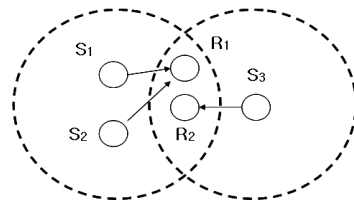


그림 3. 네트워크 구성 - 시나리오 1  
Fig 3. Network Topology - scenario 1

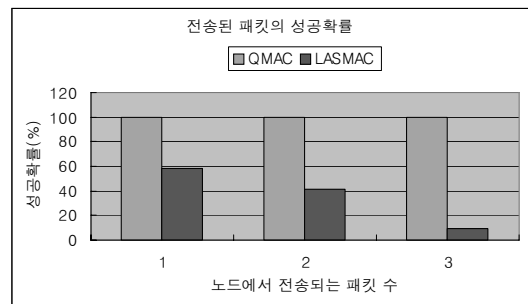


그림 4. 패킷 전송 시 전송 성공확률에 대한 비교  
Fig 4. Comparison of success probability for transmission on packet transmission

표 1. 수신노드에서의 수신된 데이터 비율(R1: R2)  
Table 1. Received data rate of the receiver node

노드에서 전송되는 패킷 수	R1: R2(비율)
1개	1.01:1
2개	1.012:1
3개	1.018:1

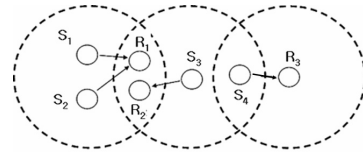


그림 6. 네트워크 구성 - 시나리오 2  
Fig 6. Network Topology - scenario 2

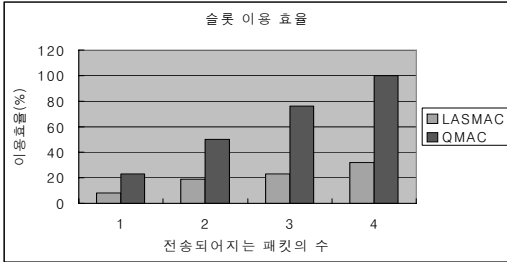


그림 5. 슬롯 이용 효율 비교  
Fig 5. Comparison of slot utilization efficiency

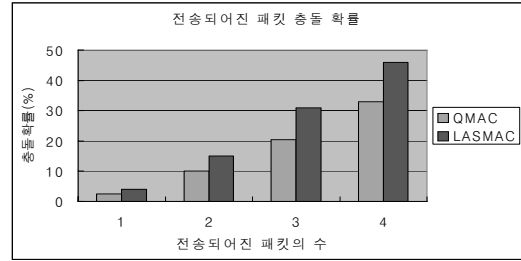


그림 7. 시나리오 2에서 패킷 전송 시 슬롯 충돌 확률  
Fig 7. Slot collision probability on packet transmission in scenario 2

표 1에서는 QMAC에서 QoS를 지원하는 결과를 보여준다. 그림 3의 송신 노드 S1과 S2는 같은 낮은 우선순위를, S3는 높은 우선순위를 가지며, 높은 우선순위를 가지는 S3는 낮은 우선순위의 노드보다 두 배의 전송 기회를 가진다고 가정한다. 즉, 노드 S3는 S1과 S2 보다 데이터를 전송할 기회를 2배 더 가진다. 또한 성능평가의 목적으로 모든 송신 노드들은 항상 보낼 데이터를 가진다고 가정한다. 이 경우 수신 노드 R1과 R2에서 수신하는 데이터양은 표 1에서 보여준다.

그림에서 볼 수 있듯이 R2에서는 두 개의 송신 노드로부터의 데이터를 수신하는 R1과 거의 같은 비율의 데이터를 수신하는 것을 볼 수 있다.

그림 5는 슬롯 이용 효율(Slot Utilization)에 대한 비교를 보여 준다. 그림에서 보는 바와 같이 각 전송 노드에서 전송하려는 트래픽의 양이 증가할수록 제안된 QMAC의 슬롯 이용률이 증가하는 것을 볼 수 있다. 이것은 QMAC에서 수신 노드들은 트래픽을 고려하여 슬롯을 할당하기 때문이다.

#### 4.2 동일한 전송 영역에 두 개의 수신 노드 외 다른 노드가 존재하는 경우

그림 6과 같이 수신 노드 R1과 R2는 같은 전송 영역 내에 위치하고 있어 서로의 정보를 공유할 수 있지만, R3은 다른 영역에 위치하고 있어 수신 노드들 간의 정보를 공유할 수 없는 경우이다. 즉, 노드 R1과 R2는 서로 존재를 알기 때문에 슬롯 할당에 고려하지만, R3는 독립적으로 S4에 대해 슬롯을

할당한다. 예를 들어, R2가 S3로 하여금 5번 슬롯에 데이터를 전송하라고 할당하였으나, R3는 이러한 정보를 가질 수 없으므로 S4에게 동일한 5번 슬롯을 할당할 수 있다. 그러나 R1과 R2는 같은 영역에 속하므로 중복된 슬롯을 할당하지 않는다. 이와 같은 경우에 QMAC에서도 앞의 경우와 다르게 충돌이 발생하게 된다. 그림 7은 각 송신 노드에서 보내는 최대 패킷 양에 따른 10,000 프레임 중 충돌하는 평균 횟수를 측정된 결과 비교이다.

그림 7에서 볼 수 있듯이 이러한 네트워크 구성에서도 최대패킷의 양이 증가할수록 QMAC이 더 낮은 충돌확률을 보여준다.

### V. 결론

본 논문에서는 WSN에서 전송 효율을 높이며, QoS를 지원할 수 있는 CSMA/CA 방식과 TDMA 방식을 혼합한 QMAC을 제안하였다. 제안된 QMAC은 CDMA/CA 방식을 이용하여 송신 노드와 수신 노드 사이에 전송요청이 이루어지고, 수신 노드에서는 TDMA 방식에서 적절히 슬롯을 할당함으로써 전송효율을 높이며, 필요한 QoS 파라미터를 만족시킨다. 이를 위하여 네트워크 구성 및 전송되는 트래픽에 적응적인 슬롯 할당이 이루어진다. 제안된 QMAC의 성능 비교를 위하여 네트워크 토폴로지의 변화 및 각 송신 노드에서 전송 트래픽을 고려한 여러 시나리오를 설정하여 분석하였다.



QMAC은 기존에 연구되어진 LASMAC과 비교할 때 충돌 확률이 적을 뿐 만 아니라 슬롯 이용률도 높음을 알 수 있었다. 또한 QMAC을 이용하여 트래픽 특성에 따른 슬롯 할당을 통하여 우선순위를 지원할 수 있는데, 지원되어지는 QoS 파라미터 종류 및 응용에 대한 연구가 현재 이루어지고 있다.

참 고 문 헌

[1] Masatoshi Sekine, Shojiro Takeuchi, Kaoru Sezaki "An Energy-Efficient MAC Protocol with Lightweight and Adaptive Scheduling for Wireless Sensor Networks" *IEEE Radio and Wireless Symposium (RWS) 2007* P1-12, January 2007

[2] W. Ye, J. Heidemann, and D. Estrin, "Medium access control with coordinated adaptive sleeping for wireless sensor networks," *IEEE/ACM Transaction on Networking*, Vol. 12, Issue3, pp. 493-506, June 2004

[3] T. Dam, K. Langendoen, "An Adaptive Energy-Efficient MAC Protocol for Wireless Sensor Networks," *ACM Sensys'03*, Nov 2003, LA, California, USA

[4] G. Lu, B. Krishnamachari, and C. Raghavendra, "An Adaptive Energy-Efficient and Low-Latency MAC for Data Gathering in Sensor Networks," *In Int. Workshop on Algorithms for Wireless, Mobile, Ad Hoc and Sensor Networks (WMAN)*, 2004.

[5] J. Polastre, J. Hill, and D. Culler, "Versatile Low Power Media Access for Wireless Sensor Networks," *ACM SenSys'04*, Nov 2004, Baltimore, Maryland, USA

[6] M. Buettner, G. Yee, E. Anderson, and R. Han, "X-MAC: A short preamble MAC protocol for duty-cycled wireless networks," *SenSys'06*, Boulder, CO, Nov. 2006, pp. 307-320.

[7] 정대인, 채병진, "센서네트워크의 에너지 효율성을 고려한 라우팅 알고리즘 설계 및 구현," *한국통신학회논문지*, vol.30, no. 10B, OCT. 2005.

[8] R. Kannan, R. Kalidina, and S. S. Iyengar, "Energy and Rate Based MAC Protocol for Wireless Sensor Networks," *ACM SIGMOD*,

Vol 32, No. 4, Dec. 2003

[9] Yongsub Nam, Hojin Lee, Hakyun Jung, Taekyoung Kwon, Yanghee Choi, "An Adaptive MAC (A-MAC) Protocol Guaranteeing Network Lifetime for Wireless Sensor Networks," *European wireless*, pp.0-0, Apr. 2006

[10] I. Rhee, A. Warrier, M. Aia, and J. Min, "Z-MAC: a Hybrid MAC for Wireless Sensor Networks," *ACM SenSys'05*, Nov 2005, San Diego, California, USA

[11] V. Rajendran, K. Obraczka, and J. Garcia-Luna-Aceves, "Energy-ecient, collision-free medium access control for wireless sensor networks," *SenSys'03*, Los Angeles, CA, pp. 181-192, Nov. 2003,

[12] Andre Barroso, Utz Roedig and Cormac Sreenan, "μ-MAC: An Energy-Efficient Medium Access Control for Wireless Sensor Networks," *In Proceedings of the 2nd IEEE European Workshop on Wireless Sensor Networks (EWSN2005)*, Istanbul, Turkey, February 2005.

이진영 (Jin-young Lee)

정회원



1998년 2월 상명대학교 정보과학  
과 학사  
2000년 2월 상명대학교 정보처리  
학과 석사  
2003년 2월 상명대학교 컴퓨터과  
학과 박사수료  
2005년 1월~현재 SK C&C U-

Biz. 연구소 선임연구원

<관심분야> Ubiquitous Sensor Network, WLAN,  
Wireless-TCP, QoS

김성철 (Seong-Cheol Kim)

정회원



1995년 6월 Polytechnic University  
(NY) 공학박사(Ph.D)  
1994년 6월~1997년 2월 삼성전  
자(주) 수석연구원  
1997년 2월~현재 상명대학교  
교수

<관심분야> WLAN, 센서 네트워  
크, QoS, 멀티미디어 통신, 유비쿼터스