

클러스터 기반의 무선 센서 네트워크 환경에서 트래픽 부하 정보를 고려한 MAC 프로토콜

김 성 철*, 김 형 주**

A MAC Protocol Considering Traffic Loads Information For a Clustered Wireless Sensor Networks

Seong Cheol Kim *, Hyungjue Kim **

요 약

본 논문에서는 클러스터링 무선 센서 네트워크 환경에서 효율적으로 TDMA 스케줄링을 할 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 기존의 연구에서는 유휴(idle) 구간과 스케줄(schedule) 구간을 매 프레임 수행해야하는 오버헤드가 발생하는데 이러한 오버헤드로 인하여 불필요한 에너지 소모가 일어나고, 전송 지연이 발생하게 된다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 클러스터를 구성하고 있는 멤버 노드들의 수와 멤버 노드들이 가지고 있는 트래픽 부하(Traffic Load)를 사용하여 프레임을 동적으로 스케줄링 하는 알고리즘이 제안되었다. 본 논문에서 제안된 DS-MAC(Dynamic Scheduling MAC) 프로토콜은 에너지 효율적이고, 전송 지연을 줄일 수 있는 장점을 가진다. 수학적 분석 방법을 사용하여 기존의 연구들과의 성능을 비교가 이루어졌다.

Abstract

In this paper, we proposed an efficient TDMA scheduling algorithm for a clustered Wireless Sensor Network. Since some previous algorithms used unnecessary idle period and schedule period in each frame, It became an overhead that might consume unexpected energy and delay data transmission. To solve this problem, a dynamic scheduling algorithm according to the number of member nodes and node traffic load within a cluster was suggested. Our proposed DS-MAC(Dynamic Scheduling MAC) could save energy and reduce transmission delay. Then DS-MAC was analyzed mathematically to compare with the previous algorithms.

▶ Keyword : 무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network), MAC 프로토콜(MAC protocol), TDMA

• 제1저자 : 김성철
• 투고일 : 2008. 11. 12, 심사일 : 2008. 11. 25, 게재확정일 : 2009. 3. 2.
* 상명대학교 컴퓨터과학부 교수 ** 상명대학교 컴퓨터과학과 석사과정
※ 이 논문은 2008년도 상명대학교 교내연구비 지원으로 이루어졌음

1. 서론

무선 센서 네트워크는 최근 들어 많은 연구가 이루어지고 있는 분야 중에 하나이다. 무선 센서 네트워크는 수많은 센서 노드들이 밀집된 형태로 구성되어 있으며, 군사 환경이나 모니터링 환경 등 많은 분야에서 연구되고 있다. 무선 센서 네트워크를 구성하는 노드들은 제한된 자원의 에너지를 갖고 있고, 네트워크가 구성된 후에는 보수 및 유지하는데 어려움을 갖는다. 그렇기 때문에 무선 센서 네트워크에서 한정된 에너지 자원을 효율적으로 사용하여 네트워크의 수명을 최대화해야 한다[1][9][10]. 에너지를 효율적으로 사용하기 위하여 다양한 분야에서 연구가 진행되고 있는데, 이 중 클러스터 기반의 무선 센서 네트워크도 그 중의 하나이다. 클러스터 기반의 무선 센서 네트워크 환경은 여러 개의 클러스터로 구성되어 있다. 각각의 클러스터에는 하나의 클러스터 헤드와 여러 멤버 노드들이 존재한다. 클러스터 헤드가 선정이 되고, 클러스터 형성이 완료되면 그림 1에서 보는 것과 같이 멤버 노드들은 자신이 얻은 데이터를 클러스터 헤드에게 전송하게 된다. 클러스터 헤드는 멤버 노드들에게서 받은 데이터들을 통합하여 BS(Base Station)에 전송한다[2].

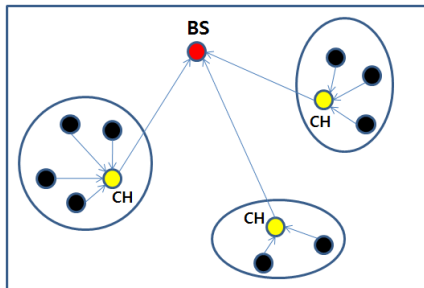


그림 1. 클러스터 무선 센서 네트워크
Fig. 1. Clustered WSN

이러한 클러스터 기반의 무선 센서 네트워크 환경에서 다양한 MAC 프로토콜들이 연구되고 있는데[3], 일반적으로 TDMA 방식을 기반으로 하여 제안되고 있다. 클러스터 헤드가 선정되고, 클러스터 형성이 완료되면 클러스터 헤드는 멤버 노드들에게 스케줄링 메시지를 보내게 된다. 이 메시지에는 멤버 노드들이 데이터를 전송할 타임 슬롯에 대한 정보가 들어있다. 멤버 노드들은 데이터 전송 구간에서 자신에게 할당된 타임 슬롯에서 깨어나게 되고, 해당 타임 슬롯에서 클러스터 헤드에게 자신이 센싱한 데이터를 전송한다. 또한 멤버

노드들은 자신에게 할당된 타임 슬롯 이외의 타임 슬롯에서는 전원을 끄고 에너지를 절약하게 된다[4].

본 논문에서는 네트워크의 소모 에너지를 절약하고, 전송 지연을 줄이기 위한 효율적인 동적 스케줄링 방법을 제안한다. 제안하는 DS-MAC 프로토콜은 클러스터를 구성하고 있는 멤버 노드들의 수와 각각의 멤버 노드들이 가지고 있는 트래픽 정보를 사용하여 클러스터 헤드가 효율적으로 동적 스케줄링을 할 수 있게 한다. 수학적 분석을 통하여 기존의 연구들과 성능 분석을 하고, 이를 통하여 기존 연구에 비해 적은 에너지가 소모되고, 적은 전송지연이 발생하게 함을 증명하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 연구들에 대하여 알아보고, 3장에서는 제안하는 DS-MAC 프로토콜에 대하여 설명한다. 4장에서는 기존 연구와의 비교, 분석을 통하여 성능 분석을 하고, 5장에서는 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

무선 센서 네트워크 환경에서 MAC 프로토콜에 대한 연구는 꾸준히 진행되고 있다. 그 중 클러스터 기반의 환경에서 에너지 효율과 전송 효율을 높일 수 있는 방법들이 많이 제안되고 있다. 제안된 연구들은 TDMA 기법을 사용하여 효율적인 스케줄링을 목적으로 한다. 대표적인 연구로 BMA 알고리즘[5]과 EC-TDMA 알고리즘[6]이 있다.

BMA (The Bit-Map-Assisted) MAC 프로토콜[5]은 이벤트 발생을 기반(event-driven)으로 하는 TDMA 방식의 알고리즘이다. BMA 알고리즘에서 노드는 항상 전송할 데이터를 보유하고 있지 않는다고 가정한다. 경쟁 구간에서 모든 노드들은 전원을 켜고, TDMA 방식처럼 자신만의 타임 슬롯을 할당받게 되는데 노드들은 자신에게 할당된 타임 슬롯에서 전송할 데이터가 있는지 없는지 대한 컨트롤 패킷을 전송한다. 클러스터 헤드는 컨트롤 패킷을 종합하여 노드들의 타임 슬롯에 대한 스케줄링을 하게 된다. 전송할 데이터를 보유한 노드들에게는 타임 슬롯을 할당하고, 전송할 데이터를 보유하지 않은 노드들에게는 타임 슬롯을 할당하지 않게 된다. 대신 전송할 데이터를 보유하지 않은 노드들의 수만큼 idle 구간을 만들어 세션의 크기를 고정시킨다. BMA 알고리즘은 구현이 쉬운 장점을 갖지만 경쟁 구간에서 모든 멤버 노드들은 깨어있어야 하기 때문에 불필요한 에너지가 소모되고, 세션마다 idle 구간이 존재하여 전송지연이 발생하는 문제점이 있다.

EC-TDMA (An Energy-Efficient TDMA protocol

for Clustered wireless sensor networks) MAC 프로토콜(6)은 BMA 알고리즘에서 오버헤드가 발생하는 문제점을 해결하기 위하여 고안된 알고리즘이다. EC-TDMA 알고리즘은 클러스터를 구성하고 있는 센서 노드의 수와 각각의 센서 노드들이 보내고자 하는 전송 데이터의 양에 따라 TDMA 프레임들을 동적 할당하여 문제를 해결하고자 한다. EC-TDMA 알고리즘에서 매 라운드 첫 번째 스케줄 구간에서는 모든 클러스터 멤버 노드들에게 동일한 타임 슬롯을 할당한다. 데이터 전송 구간에서 노드들은 자신들에게 할당된 타임 슬롯에서 클러스터 헤드에게 현재의 데이터와 다음 프레임에서 전송할 데이터의 정보를 함께 전송한다. 클러스터 헤드는 데이터 전송 구간에서 노드들에게서 받은 정보들을 이용하여 다음 프레임에 대한 스케줄링을 한다. 이러한 방식을 사용하여 BMA 알고리즘에서 오버헤드를 불러일으키는 경쟁 구간을 없애고, idle 구간을 축소시켰다. EC-TDMA 알고리즘은 전송 효율을 높이는 장점을 갖지만 여전히 프레임마다 스케줄 구간을 수행해야하는 오버헤드를 갖고 있다.

III. DS-MAC(Dynamic Scheduling MAC)

3.1. 프레임 구성

본 논문에서는 클러스터를 구성하는 노드들의 수와 멤버 노드들이 가지고 있는 데이터의 정보를 이용하여 동적으로 프레임을 구성할 수 있는 방법을 제안한다. 기존 연구인 BMA 알고리즘에서는 지속적으로 경쟁 구간과 idle 구간을 수행해야 하고, EC-TDMA 알고리즘에서는 반복적인 스케줄링 구간 수행을 해야 하기 때문에 오버헤드가 발생한다. 이는 불필요한 에너지 소모를 야기하고, 전송 지연을 발생시킨다. 제안하는 DS-MAC 프로토콜에서는 이러한 오버헤드를 줄일 수 있게 프레임을 구성하였다. DS-MAC 프로토콜의 프레임 구성은 그림 2와 같다. 수퍼 프레임은 라운드로 구성되고, 각각의 라운드는 셋업 구간과 지속 구간으로 구분된다. 셋업 구간에서는 클러스터 헤드가 선정되고, 클러스터 형성이 이루어진다. 셋업 구간이 완료되면 지속 구간이 수행되는데 지속 구간은 TDMA 스케줄 구간과 데이터 전송 구간으로 나누어진다. TDMA 스케줄 구간에서는 클러스터 헤드가 멤버 노드들에게 타임 슬롯을 할당하기 위한 스케줄링이 수행되고, 수행된 결과를 브로드캐스트 방식을 통하여 모든 멤버 노드들에게 전송하게 된다. 데이터 전송 구간에서는 스케줄링 된 정보를 통하여 노드들은 자신에게 할당된 슬롯에서 깨어나게 되고, 자신

이 센싱한 데이터를 클러스터 헤드에게 전송하게 된다. 본 논문에서 제안하는 DS-MAC 프로토콜에서는 첫 번째 프레임과 두 번째 프레임에서만 스케줄 구간이 수행되고, 세 번째 프레임부터 라운드가 끝날 때까지는 오로지 데이터 전송 구간만 수행한다. 자세한 스케줄링 기법에 대한 설명은 다음 절에서 한다.

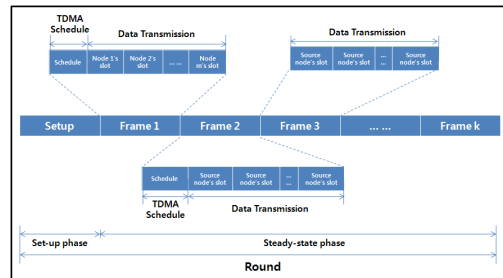


그림 2 DS-MAC의 프레임 구성
Fig 2. Frame Structure of the DS-MAC

3.2. 스케줄링 기법

본 논문에서 제안하는 DS-MAC 프로토콜에서 클러스터 헤드는 첫 번째 프레임의 스케줄링 구간에서는 모든 멤버 노드들에게 타임 슬롯을 할당한다. 멤버 노드들은 할당된 타임 슬롯에서 일반 센싱 데이터와 함께 앞으로 전송할 트래픽 정보를 같이 전송한다. 두 번째 프레임이 진행되면 클러스터 헤드는 첫 번째 프레임에서 멤버 노드들에게서 받은 트래픽 정보와 존재하는 노드들의 수에 따라 라운드 전체 프레임에 대한 스케줄링을 수행하게 된다. 설명을 위해 클러스터 내부에 1개의 클러스터 헤드와 5개의 노드가 있다고 가정한다. 또한 A 노드는 9개의 전송할 데이터를 가지고 있고, B 노드는 8개, C 노드는 2개, D 노드는 7개, E 노드는 3개를 보유하고 있다고 가정한다.

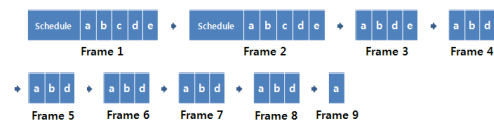


그림 3. 스케줄링 기법
Fig 3. Scheduling Method

본 논문에서 제안하는 DS-MAC 프로토콜의 스케줄링 기법을 사용하면 그림 3과 같이 수행된다. 첫 번째 프레임에서는 클러스터 헤드가 5개의 멤버 노드 모두에게 타임 슬롯을 할당한다. 멤버 노드들은 센싱한 데이터 하나와 앞으로 전송

하게 될 데이터양에 대한 정보를 클러스터 헤드에게 전송한다. 두 번째 프레임이 진행되면 클러스터 헤드는 첫 번째 프레임에서 받은 멤버들의 트래픽 정보를 통합하여 프레임 수를 결정한다. 가장 많은 데이터를 보유하고 있는 노드의 데이터 수를 프레임의 최대 크기로 정하게 되는데 A 노드가 9개의 데이터를 보유하고 있기 때문에 최대 프레임 수는 9로 결정된다. 그리고 각각의 프레임 크기는 해당 프레임에서 전송할 데이터를 보유한 노드들의 수에 따라 동적으로 스케줄링 할 수 있게 된다. 첫 번째 프레임과 두 번째 프레임에서는 5개의 노드들이 모두 전송할 데이터를 보유하고 있기 때문에 5개의 타임 슬롯으로 구성되고, 세 번째 프레임에서는 c 노드가 모든 데이터를 전송하였기 때문에 전송할 데이터를 보유하지 않으므로 4개의 노드들에게만 타임 슬롯을 할당하여 세 번째 프레임은 4개의 타임 슬롯으로 구성되게 된다. 네 번째 프레임에서는 e 노드가 전송할 데이터를 보유하지 않기 때문에 3개의 노드들만이 데이터를 전송, 3개의 타임 슬롯으로 구성되게 된다. 이러한 방법으로 아홉 번째 프레임까지 동적인 프레임 구성이 진행된다. 마지막 프레임이 수행되고 나면 현재의 라운드 가 끝이 나게 되고, 셋업 구간 수행을 시작으로 다음 라운드가 동작하게 된다. 다음 라운드에서도 위의 모든 과정을 반복하여 수행하게 된다.

3.3. 에너지 효율적인 스케줄링

DS-MAC 프로토콜의 경우에는 그림 4와 같이 5개의 프레임이 진행되는 동안 노드들의 전송을 위한 타임 슬롯 이외에 2번의 스케줄 구간만이 수행되어 에너지를 절약할 수 있다.



그림 4. DS-MAC에서의 프레임 전송
Fig 4. Frame transmission of DS-MAC

프레임이 커져도 2번의 스케줄 구간을 수행하기 때문에 프레임이 커질수록 기존의 연구들에 비하여 더 많은 에너지를 절약할 수 있다. DS-MAC 프로토콜이 소모하는 에너지는 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$(2 * E_{schedule}) + \{n_i * E_{transmission} * (S_{data} + S_{info})\} + \{(\sum_{n=1}^N P_{n_i} - n_i) * E_{transmission} * S_{data}\} \dots \dots \dots (1)$$

n_i 는 i 번째 노드이고, P_{n_i} 는 n_i 의 트래픽 로드를 의미한

다. k 는 최대 전송 트래픽 수를 뜻하는데 이는 프레임의 크기를 나타낸다. $E_{schedule}$ 은 스케줄 구간에서의 소모에너지를, $E_{transmission}$ 은 데이터 전송에 필요한 에너지를 의미한다. S_{data} 는 센싱된 데이터를 나타내고, S_{info} 는 컨트롤 패킷을 의미한다. DS-MAC 프로토콜에서는 2번의 스케줄 구간을 수행하므로 $E_{schedule}$ 이 2번 소모되고, 첫 번째 프레임에서는 일반 데이터와 컨트롤 패킷을 같이 전송하기 때문에 $S_{data} + S_{info}$ 크기의 패킷을 전송하는 에너지($E_{transmission}$)가 소모된다. 두 번째 프레임부터는 일반 데이터만 전송하기 때문에 첫 번째 프레임에서 전송한 데이터 이외의 모든 데이터를 전송하는 에너지가 추가로 소모된다.

BMA 알고리즘의 경우에는 그림 5에서 보는 바와 같이 5개의 프레임이 진행이 되는 동안 5번의 경쟁 구간을 수행해야 하고, 전송하지 않는 노드들에게는 idle 구간을 할애해야 하기 때문에 오버헤드가 발생하게 된다.

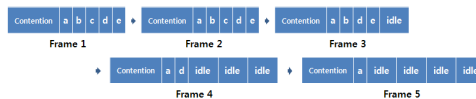


그림 5. BMA에서의 프레임 전송
Fig 5. Frame transmission of BMA

그림 5에서 보는바와 같이 BMA 알고리즘은 프레임이 증가할수록 오버헤드가 점점 커지므로 불필요한 에너지를 소모하게 하는데 한 라운드에서 BMA 알고리즘이 소모하는 에너지는 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$(k * E_{contention}) + (\sum_{n=1}^N P_{n_i} * E_{transmission} * S_{data}) \dots \dots (2)$$

식 (2)에서 k 는 최대 프레임의 수를 나타내는데 프레임을 지날 때 마다 경쟁 구간을 수행해야 하기 때문에 경쟁 구간에서의 에너지 소모($E_{contention}$)가 k 번 발생한다. 또한 데이터 구간에서 노드들은 일반 데이터를 전송하기 때문에 S_{data} 크기의 패킷을 전송하는 에너지가 소모된다.

EC-TDMA 알고리즘의 경우에는 그림 6에서 보는 것과 같이 5개의 프레임이 진행되는 동안 각 노드들에게 할당된 타임 슬롯 이외에 5번의 스케줄 구간을 수행해야 한다. 이는 BMA의 경쟁 구간처럼 오버헤드라고 할 수 있다.



그림 6. EC-TDMA에서의 프레임 전송
Fig 6. Frame transmission of EC-TDMA

프레임이 증가할수록 스케줄 구간을 지속적으로 수행해야 하는 오버헤드로 인하여 불필요한 에너지 소모가 발생한다. EC-TDMA 알고리즘의 소모 에너지를 식으로 표현하면 식 (3)과 같다.

$$(k * E_{schedule}) + \left\{ \sum_{n=1}^N P_{n_i} * E_{transmission} * (S_{data} + S_{info}) \right\} \dots\dots\dots (3)$$

k번째의 프레임동안 스케줄링을 위한 에너지($E_{schedule}$)가 k번 소모되고, 데이터와 컨트롤 패킷을 함께 전송하기 때문에 $S_{data} + S_{info}$ 만큼의 크기와 같은 패킷을 전송하는 에너지가 소모된다.

3.4. 전송 지연이 적은 스케줄링

DS-MAC 프로토콜은 하나의 라운드 안에서 2번의 스케줄 구간($T_{schedule}$)만을 진행하고, 전송할 트래픽의 수만큼만 타임 슬롯(T_{slot})을 할당하기 때문에 기존의 연구들에 비하여 적은 전송 지연을 발생시킨다. 이를 식으로 표현하면 식 (4)와 같다.

$$(2 * T_{schedule}) + \left(\sum_{n=1}^N P_{n_i} * T_{slot} \right) \dots\dots\dots (4)$$

BMA 알고리즘의 경우 프레임이 진행될 때마다 지속적으로 경쟁 구간($T_{contention}$)이 수행되기 때문에 불필요한 전송 지연이 일어난다. 하나의 라운드 안에서 k개의 프레임이 진행되는 동안 k번의 경쟁 구간을 수행하고, 매 프레임 n_i 번의 타임 슬롯을 수행하게 된다. 이를 표현하면 식 (5)와 같다.

$$(k * T_{contention}) + (k * n_i * T_{slot}) \dots\dots\dots (5)$$

EC-TDMA 알고리즘에서는 매 프레임마다 스케줄 구간을 수행해야 하기 때문에 BMA와 마찬가지로 전송 지연이 발생하게 된다. 이를 식으로 표현하는 식 (6)과 같이 나타낼 수 있다. 하나의 라운드 안에서 k번의 프레임이 진행되는 동안 k번의 스케줄 구간을 수행하고, 노드들이 전송할 트래픽 수만

큼의 타임 슬롯을 수행하게 된다.

$$(k * T_{schedule}) + \left(\sum_{n=1}^N P_{n_i} * T_{slot} \right) \dots\dots\dots (6)$$

IV. 성능 분석

본 장에서는 제안하는 DS-MAC 프로토콜의 효율성을 검증하기 위하여 기존 연구인 BMA 알고리즘과 EC-TDMA 알고리즘과의 비교가 이루어진다. 분석은 크게 에너지 측면 비교와 전송 지연 측면 비교로 진행된다. 정확한 성능 분석을 위하여 기존 연구의 시뮬레이션 환경과 동일한 환경에서 진행하였다[2][3]. 클러스터는 하나의 클러스터 헤드와 50개의 멤버 노드들로 구성되어 있다. 각각의 멤버 노드들은 라운드에서 하나의 데이터에서 열 개의 데이터까지 데이터를 보유할 수 있고, 매 라운드마다 랜덤한 확률로 임의의 데이터를 갖는다. 성능 분석에 사용되는 파라미터는 표 1과 같다.

표 1. 사용되어진 파라미터들(7)[8]
Table 1. Parameters used

파라미터	값	의미
S_{data}	1452byte	일반 데이터
S_{info}	20byte	트래픽 로드 정보 데이터
$E_{transmission}$	0.4μj/byte	전송시 소모 에너지
$*E_{schedule}$	580μj	스케줄 구간 소모 에너지
$**E_{contention}$	1020μj	경쟁 구간 소모 에너지

$$*E_{schedule} = S_{data} * E_{transmission}$$

$$**E_{contention} = S_{info} * \sum_{i=1}^N (1 + E_{integrates}) + E_{schedule}$$

DS-MAC 프로토콜의 에너지 소모는 식 (1)을 통하여 구하고, BMA 알고리즘의 에너지 소모는 식 (2)를 통하여 얻을 수 있다. 마지막으로 EC-TDMA 알고리즘의 에너지 소모는 식 (3)을 통하여 구하였다. 전송 지연과 관련된 성능 분석에 사용되는 파라미터는 표 2와 같다. DS-MAC 프로토콜의 전송 지연은 식 (4)를 통하여 얻고, BMA 알고리즘과 EC-TDMA 알고리즘의 전송 지연은 식 (5)와 식 (6)을 통하여 얻을 수 있다.그림 7은 최대 프레임 수 증가에 따른 평균 에너지 소모를 보여준다. BMA 알고리즘이나 EC-TDMA 알고리즘의 경우 프레임이 증가할수록 경쟁구간과 스케줄 구간

을 지속적으로 수행해야 하기 때문에

표 2. 전송 지연 관련 파라미터(6)
Table 2: Transmission delay parameters

파라미터	값	의미
$T_{contention}$	46ms	경쟁 구간 길이
$T_{schedule}$	40ms	스케줄 구간 길이
T_{slot}	9.2ms	타임 슬롯 길이

많은 에너지가 소모됨을 알 수 있다. 반면 DS-MAC 프로토콜은 2번의 스케줄 구간만 실행하기 때문에 최대 프레임이 증가되더라도 추가적으로 에너지가 소모되지 않음을 확인할 수 있다.

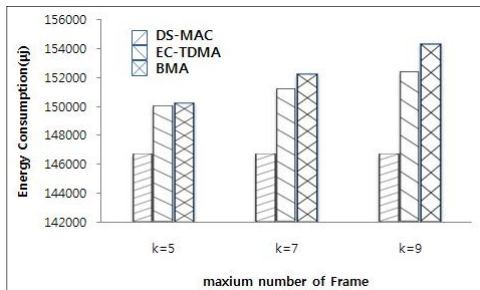


그림 7. 평균 에너지 소모 비교
Fig 7. Comparison of average energy consumption

그림 8에서는 최대 프레임 수 증가에 따른 평균 전송 지연을 보여주는데, DS-MAC 프로토콜이 기존의 연구들보다 평균 전송 지연이 더 나음을 알 수 있다.

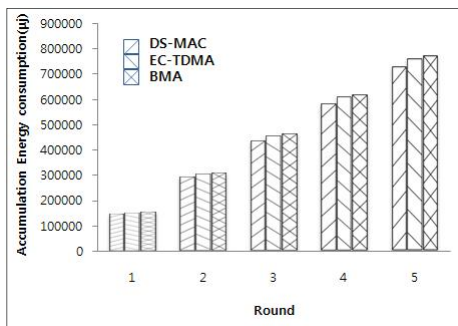


그림 8. 평균 전송 지연 비교
Fig 8. Comparison of average transmission delay

그림 9는 최대 프레임 수를 5로 고정된 환경에서 라운드 수가 증가함에 따라 누적되는 평균 에너지 소모를 보여준다. 라운드가 진행될수록 BMA 알고리즘과 EC-TDMA 알고리즘은 오버헤드를 실행하면서 발생하는 불필요한 에너지 소비로 인하여 DS-MAC 프로토콜보다 점점 더 많은 에너지를 소모함을 알 수 있다. 그림 10은 그림 9와 같은 환경에서 라운드 증가에 따른 평균 누적 전송 지연을 나타낸다. 라운드가 진행된다면 진행될수록 DS-MAC 프로토콜이 BMA 알고리즘과 EC-TDMA 알고리즘보다 더 적은 전송지연을 발생시킴을 확인할 수 있다.

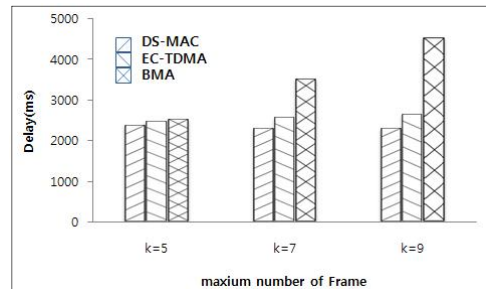


그림 9. 평균 누적 에너지 소모 비교
Fig 9. Comparison of average accumulated energy consumption

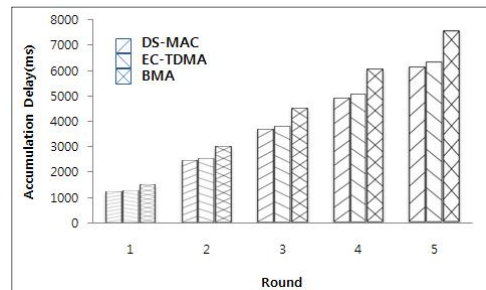


그림 10. 평균 누적 전송 지연 비교
Fig 10. Comparison of average accumulated delay

V. 결론

무선 센서 네트워크에서는 한정된 에너지 자원을 효율적으로 사용하여 네트워크의 수명을 최대화해야 하기 때문에 주어진 에너지를 효율적으로 사용하는 것이 매우 중요하다. 이를 위하여 많은 연구가 이루어졌는데 본 논문에서는 특히 클러스터 기반의 무선 센서 네트워크 환경에서 부하 정보를 이용한 에너지 효율적인 MAC 프로토콜을 제안하였다. 기존 연구에

서는 프레임이 증가함에 있어 경쟁구간이나 스케줄링 구간을 지속적으로 수행하게 되어 불필요한 에너지 소모가 일어나고, 전송 지연이 발생하는 문제점을 가지고 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하여 적은 에너지 소모와 적은 전송 지연을 보장할 수 있는 효율적인 동적 스케줄링 방법을 제안하였다. 제안하는 DS-MAC 프로토콜은 클러스터를 구성하고 있는 멤버 노드들의 수와 각각의 멤버 노드들이 가지고 있는 트래픽 정보를 사용하여 가중치로 적용하였다. 제안하는 알고리즘은 가중치들을 바탕으로 클러스터 헤드가 에너지 효율적인 동적 스케줄링을 할 수 있게 하여 기존 연구에서 문제점으로 지적된 불필요한 에너지 소모와 전송 지연을 최소화하였다. 성능 분석을 통하여 제안하는 알고리즘이 기존 연구들이 비하여 적은 에너지를 소모하고, 더 나은 전송지연을 보임을 증명하였다.

참고문헌

- [1] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramanian, and E. Cayirci, "A Survey on Sensor Networks," *IEEE Communications Magazine*, vol. 40, no. 8, pp. 102-114, Aug. 2002.
- [2] Anna HAC, "Wireless Sensor Network Designs," Wiley, West Sussex, England, pp. 37-128, Dec. 2003.
- [3] L. Demirkol, C. Ersoy, and F. Alagoz, "Mac Protocols for Wireless Sensor Networks: A Survey," *IEEE Communication Magazine*, Vol. 44, No. 4, pp. 115-121, Apr. 2006.
- [4] Holger Karl, "Protocols and Architectures for WSN," John Wiley & Sons, pp. 97-102, 2005.
- [5] Y. L. Georgios, L. Jing, and P. Joseph, "A Cluster-Based Power-Efficient MAC Scheme for Event-Driven Sensing Applications," *Elsevier*, Vol. 5, Issue 7, pp. 1017-1030, Sep. 2007.
- [6] Holger Karl, "Protocols and Architectures for Wireless Sensor Network," John Wiley&Sons, pp. 120-185, 2005.
- [7] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "Energy-Efficient Routing Protocols for Wireless Microsensor Networks," in *Proc. 33rd Hawaii Int. Conf. System Sciences*, Maui, HI, Jan. 2000.
- [8] O. Younis, S. Fahmy, "HEED: a hybrid, energy-efficient, distributed clustering approach for ad-hoc sensor networks," *IEEE Trans. on Mobile Computing*, vol. 3, pp. 366-379, Dec. 2004.
- [9] 김성철, 김동민, "무선 센서 네트워크에서 네트워크 성능을 향상시키는 하이브리드 MAC 프로토콜," *한국컴퓨터정보학회논문지*, 제13권, 제2호, 177-183쪽, 2008년 3월.
- [10] 김동민, 김성철, "무선 센서 네트워크에서 주기적인 트래픽의 효율적인 모니터링을 위한 MAC 프로토콜," *한국컴퓨터정보학회논문지*, 제13권, 제7호, 157-164쪽, 2008년 12월.

저자 소개



김 성 철

1995년 6월 : Polytechnic University (NY) 공학박사(Ph.D)

1997년 2월~현재 : 상명대학교 교수
<관심분야> WLAN, 센서 네트워크, QoS, 멀티미디어 통신



김 형 주

2007년 2월 : 상명대학교 졸업

2007년 3월 ~현재 : 상명대학교 일
반대학원 석사
과정

<관심분야> 무선 센서 네트워크, 클러스터헤드 선정, 타임 스케줄링