

# WMSN 에서 낮은 지연을 위한 적응적 MAC 프로토콜

## Adaptive MAC Protocol for Low Latency in WMSN

김성훈\*  
Seong-Hun Kim

이성근\*\*  
Sung-Keun Lee

정창렬\*\*\*  
Chang-Ryul Jung

고진광\*\*\*\*  
Jin-Gwang Koh

### 요약

최근 무선 센서 네트워크를 기반으로 한 CCTV 동영상, 이미지 캡처 정보, 음향 정보 등의 멀티미디어 데이터 전송 서비스의 요구가 증대됨에 따라 무선 멀티미디어 센서 네트워크의 실현 가능성이 현실화 되고 있다. WMSN(Wireless Multimedia Sensor Network) 에서 멀티미디어 정보를 전송하기 위해서는 다양한 서비스별로 차별화된 서비스 품질 보장이 매우 중요하다. 본 논문은 지연에 대한 차별화된 서비스 품질을 제공할 수 있는 DSMAC 기반 개선된 MAC 프로토콜을 제안한다. 제안된 프로토콜은 버퍼의 점유율에 따라 특정 노드 간에 적응적으로 duty cycle를 변경함으로써 에너지 소모를 크게 증대시키지 않고 지연을 줄일 수 있다. 시뮬레이션 방법에 의해 성능 분석한 결과, 제안한 프로토콜이 기존의 S-MAC, DSMAC 프로토콜에 향상된 성능을 나타내었다.

### Abstract

The development of Wireless Multimedia Sensor Networks (WMSNs) is getting realized in accordance with the increased demands to provide multimedia data transmission service such as CCTV movie, image chapter information, audio information based on wireless sensor network. It is very important to provide the differentiated quality assurance of service. In this paper, we propose a sensor medium access control protocol based on DSMAC, which provides differentiated Quality of Service (QoS) for delay. A proposed protocol is able to reduce the delay without increasing the energy consumption by adaptively changing the duty cycle according to the buffer occupancy. Simulation results show that the new MAC protocol performs better in terms of latency than S-MAC and DSMAC.

☞ Key words : WMSN, QoS, Delay

## 1. 서론

무선 센서 네트워크(WSN : Wireless Sensor Network) 는 물리 공간의 상태인 빛, 소리, 온도, 움직임 같은 물리적인 데이터를 센서 노드에서

감지하고 측정하여 싱크 노드로 전달하는 센서 노드들로 구성되는 네트워크이다[1].

WSN 에서 에너지가 고갈된 배터리를 교체하는 것은 바람직하지 않거나 불가능하므로 노드와 네트워크 생명시간을 최대화하는 것은 센서 네트워크 설계 측면에서 매우 중요한 문제가 된다[2]. 무선 센서 네트워크를 구성하는 센서노드는 고유의 센싱 기능, 데이터 처리 기능 수행을 위해서 에너지를 소비하지만, 특히 다른 노드와의 무선 통신을 수행하는데 있어 가장 많은 에너지를 소비한다. 따라서 센서 네트워크 수명을 최대화하기 위해서는 요구된 네트워크 작동을 달성할 동안 통신을 최소화해서 에너지소모를 줄여야한다. 많은 연구에서 최소한의 에너지를 소비하여 효율적

\* 준회원 : 순천대학교 멀티미디어공학과 석사과정  
freedom533@naver.com

\*\* 정회원 : 순천대학교 멀티미디어공학과 교수  
sklee@sunchon.ac.kr(교신저자)

\*\*\* 정회원 : 순천대학교 컴퓨터공학과  
chari7@sunchon.ac.kr

\*\*\*\* 종신회원 : 순천대학교 컴퓨터공학과 교수  
kjg@sunchon.ac.kr

☆ 본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신  
인력양성사업으로 수행된 연구결과임

으로 데이터를 전송하기 위해 power aware 프로토콜 개발에 대해 연구하였고, 이에 따른 여러 MAC 프로토콜이 개발되었다[3]. 또한 다른 관점으로 네트워크 생명시간을 늘리기 위해 에너지 소비를 전체 노드로 골고루 분산시키는 방법도 연구되었다. 따라서 이전의 센서 네트워크에 대한 응용은 적은 대역폭을 요구하고, 지연에 관대하다.

최근에는 그 환경으로부터 멀티미디어 콘텐츠를 언제 어디서나 저장이 가능한 CMOS 카메라와 마이크로폰과 같은 값싼 하드웨어의 가능성은 WMSN(Wireless Multimedia Sensor Network)의 개발을 촉진시키고 있다. WMSN에서 멀티미디어 정보는 기존의 센싱 정보와는 달리, 많은 계산량과 데이터 전송량을 필요로 하기 때문에, 기존의 센서 네트워크에서 수용하기 어렵다[4]. 따라서 정확한 QoS(Quality of Service) 레벨로 멀티미디어 정보 전송하기 위한 메커니즘이 필요하다. 에너지 소비의 최소화 하는 필요성은 지금까지 센서 네트워크의 대부분의 연구에서 중요한 관점이었으나, 최근 WSN을 기반으로 한 멀티미디어 트래픽 모니터링에 관한 연구가 점차 관심을 갖게 되고 있기 때문에, 본 논문에서는 최근 연구 동향에 적절하고, 기존 MAC 프로토콜과 차별성이 있는 MAC 프로토콜을 제안하고, NS-2를 이용한 시뮬레이션 방법에 의해 성능 분석을 수행한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 관련 연구에 대해 분석하고, 3장에서 제안된 MAC 프로토콜에 대해 상세하게 설명하고, 4장에서는 제안한 알고리즘에 대한 성능 평가 및 결과 분석을 수행한다. 마지막으로 5장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

## 2. 관련 연구

센서 네트워크는 제한된 에너지를 가지기 때문에, 센서 네트워크에 대한 MAC 프로토콜에서 에너지 소비는 중요한 관심사 중 하나이다. 이 주제를 연구한 프로토콜로는 주기적인 duty cycle를 사

용하여 에너지 소비를 줄이는 S-MAC[5] 프로토콜이 있다. 센서 네트워크는 bursty한 특징을 가지기 때문에, 이벤트가 없는 구간에 listen을 하게 되면 불필요한 에너지를 낭비하게 될 것이다. 따라서 S-MAC에서는 이러한 에너지 낭비를 막기 위해 주기적으로 sleep를 취하게 된다. S-MAC에서는 sleep/listen 두 기간으로 나눈다. 노드가 주기적으로 sleep와 listen을 반복적으로 동작하고, sleep기간은 응용의 요구 상황에 따라 변화될 수 있다. 하지만 한번 설정된 duty cycle는 변함없이 지속되기 때문에, 지연에 민감한 응용일 경우에는 적용하기 힘들다.

Adaptive S-MAC[6]은 S-MAC을 기반으로 지연을 줄이기 위해 제안되었다. 어떠한 노드들 사이에 데이터를 전송할 때, 전송이 언제 끝나는지 알려주는 NAV(Network Allocation Vector)를 주변 노드에게 전송한다. 주변 노드들은 두 노드간의 전송이 언제 끝나는지 알기 때문에 그 시점에서 listen모드로 변경하여 자신에게 전송이 오는지 확인을 하고, 데이터를 수신하여 지연을 줄이는 방법이다. 이 방법은 단일 홉 사이에서 지연을 줄일 수 있다.

D-MAC[7]은 지연을 단축하기 위해 제안되었다. adaptive S-MAC에서는 한 홉에서만 지연을 단축시키지만, D-MAC에서는 싱크까지 최대한 지연 없이 전송하는 프로토콜이다. 어떤 한 노드에서 싱크로 데이터를 전송하면, sleep 없이 싱크까지 데이터를 전송하게 된다. D-MAC은 미리 스케줄이 설정되어 있어 RTS(Request to Send)/CTS(Clear to Send) 철차도 없다. 하지만 데이터 패킷의 신뢰성 있는 전달을 위한 ACK(acknowledgement) 프레임은 사용된다.

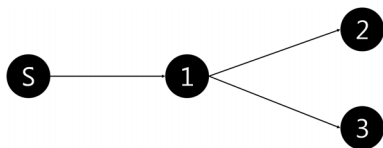
센서 네트워크에서 지연에 민감한 응용은 지연이 매우 중요한 요소가 되기 때문에, S-MAC을 기반으로 동적으로 duty cycle를 변경하여 에너지 효율적이고, 낮은 지연을 제공하기 위해 DSMAC[8]이 제안되었다. 일반적으로 S-MAC와 같은 listen/sleep의 주기를 갖는 프로토콜들은

duty cycle 을 미리 정의하여 통신하는 데 비해, DSMAC 은 데이터 트래픽을 고려해서 동적으로 duty cycle 을 변화시킴으로써 데이터 지연을 줄일 수 있는 기법을 제시한다.

### 3. MAC 프로토콜 제안

#### 3.1 DSMAC 의 문제점 분석

DSMAC 은 전송할 패킷의 양이 적을 경우, 즉 해당 노드의 큐잉 지연이 적을 경우에는 duty cycle 를 낮춰서 에너지 소모를 최소화하고, 전송할 패킷의 양이 많을 경우에는 duty cycle 을 증가하여 전송을 빨리함으로써 해당 노드에서의 지연을 감소시킬 수 있다. DSMAC 은 트래픽 부하에 따라 동적으로 duty cycle를 변경하게 함으로써, 고정 duty cycle 를 사용하는 S-MAC 에 비하여 에너지 효율성을 크게 저하시키지 않으면서 지연을 줄일 수 있는 MAC 프로토콜이다[8]. 그러나 DSMAC 은 특정 노드로 전달되는 패킷이 많을 경우, 특정 노드로 대부분의 패킷을 전송해야 하는 경우에는 동작의 효율성이 저하된다. 즉, 적은 패킷을 전송받는 노드의 전송참여로 인하여 불필요한 에너지를 소모하여 성능이 저하되는 단점이 있다. 센서 네트워크 특성상 대부분의 트래픽이 싱크 노드를 향하게 되므로, 트래픽 흐름이 일정한 패턴을 갖는다는 측면에서 이러한 단점은 매우 중요하게 인식될 수 있다.



(그림 1) 네트워크 토폴로지

그림 1과 같은 네트워크를 통해 DSMAC 의 문제점을 분석한다. 1번 노드는 소스로부터 데이터를 수신하여, 평균 지연을 계산한다. 평균 지연이 크다고 판단되면, 자신의 duty cycle를 2배로 조정

하여 데이터를 전송 받을 수 있는 기회를 늘린다. 그리고 자신의 duty cycle를 주변 노드에게 알리기 위해 SYNC 패킷에 이러한 정보를 추가하여 전송을 하게 된다. SYNC 패킷을 수신한 2번 노드와 3번 노드는 해당 SYNC 패킷 내에 포함된 duty cycle 을 추출하여, 자신의 duty cycle 을 변경한다. 이때 1번 노드가 전송해야 하는 패킷의 대부분이 3번 노드로 향하는 경우에도 3번 노드뿐만 아니라 2번 노드도 duty cycle 을 높게 된다. 따라서 이 경우 2번 노드의 경쟁 참여로 인한 전송 지연이 초래될 수 있고, 무엇보다도 2번 노드의 idle listening 시간이 늘어나게 됨에 따라 불필요한 에너지가 낭비되는 현상이 나타난다.

#### 3.2 개선된 MAC 프로토콜 제안

DSMAC 은 센서 노드에서 지속적으로 평균지연 정보를 관리하여, 해당 노드의 지연이 적을 경우에는 낮은 duty cycle 을 유지하고, 해당 노드의 지연이 크다고 판단되면 주변 노드의 duty cycle 을 증가하여, 전송률을 높임으로써 지연을 줄이는 프로토콜이다. 그러나 일부 특정 노드를 통해 대부분의 패킷이 전송되는 경우라면, 전송될 패킷이 거의 없는 인접한 센서노드들도 duty cycle 을 높이기 때문에 에너지 측면에서 적합하지 않는 측면이 있다. 본 논문에서는 DSMAC 을 기반으로 하여 해당 노드의 지연이 크다고 판단될 때, 패킷의 목적지 분포를 측정하여, 상대적으로 전송할 패킷이 많은 센서노드와 1 대 1로 duty cycle 을 변경시킴으로써 지연을 줄이면서 인접한 다른 노드들은 원래의 duty cycle 을 유지하게 하여 불필요한 에너지 낭비를 줄일 수 있는 개선된 MAC 프로토콜을 제안한다.

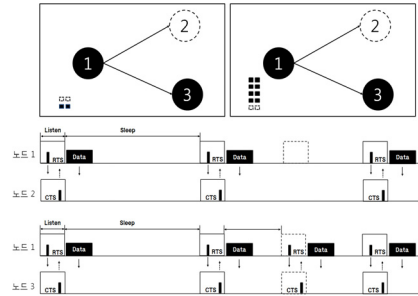
먼저 현재의 트래픽 상태를 측정하기 위하여 DSMAC 과 동일하게 평균 지연을 사용한다. 평균 지연은 이웃 노드에서 전송되는 지연 정보를 통해서 계산된다. 하나의 노드에서의 지연을 나타내는 홉 당 지연은 패킷이 큐에 삽입된 후, 다음 목적지로 성공적으로 전송될 때까지의 시간을 의미

한다. 해당 노드의 지연 값은 데이터 패킷에 추가하여 다음 노드로 전송하고, 일정 기간 동안 수집된 모든 한 홉 지연을 통해 평균지연을 계산할 수 있으며, 각 지연 값은 전송 노드에 의해 측정되기 때문에 동기화 문제를 발생시키지 않는다. 센서 노드는 트래픽 상태에 따라 duty cycle을 변경하기 위해, 지연 정보와 에너지 소비 레벨 값을 유지하게 된다. 에너지 소비 레벨은 패킷을 전송할 때마다 소비되는 에너지양을 모니터링 함으로써 측정될 수 있다. S-MAC 프로토콜에서 duty cycle을 변경하지 않는 중요한 이유는 인접 센서 노드들 사이에 동기화를 유지하는 것이 어렵기 때문이다. Duty cycle을 동적으로 변화시킴으로써 인해 발생할 수 있는 동기화 문제는 listen time 기간을 변경하는 것 없이, sleep time을 배수로 설정하는 것에 의해 해결한다.

센서 노드에서는 패킷에 대한 지연을 데이터 패킷에 추가하여 다음 목적지로 전송을 한다. 수신 노드에서는 패킷의 지연을 추출하여, 평균지연을 계산한다. 만약 하나의 노드에서 평균지연이 크다고 판단되면, 패킷을 버퍼에 저장할 때 버퍼 내의 저장된 패킷 중에서 다음 목적지를 향하는 패킷 점유율을 측정한다. 특정 노드를 향하는 패킷이 많을 경우, 지연을 줄이기 위해 duty cycle 레벨을 한 단계 높이고, 이러한 duty cycle 정보를 RTS 에 포함하여 다음 목적지 노드로 전송한다. RTS 패킷을 수신 받은 노드는 자신의 에너지 레벨이 충분하다면 duty cycle 를 변경하고, CTS 를 통해 이러한 변경 결과를 송신 측으로 통보함으로써 두 노드가 동일한 duty cycle 을 가지고 패킷을 전송한다.

그림 2 의 네트워크에서 1-3번 노드사이에서는 상대적으로 많은 패킷을 전송해야 하기 때문에 duty cycle을 높이고, 1-2번 노드는 기존의 duty cycle로 동작한다. 따라서 많은 패킷을 전송하는 노드들 사이에는 sleep 를 줄여서 동작하기 때문에 패킷을 전송할 수 있는 기회가 많아져서 패킷을 빠르게 전송할 수 있고, 적은 패킷을 전송하는

노드사이에는 기존의 sleep 로 동작하기 때문에 에너지 소모를 줄일 수 있다.



(그림 2) 제안된 MAC 프로토콜에서 트래픽에 기반한 duty cycle 변경

그림 3, 4에 본 논문에서 제안된 MAC 프로토콜의 전송 노드와 수신 노드에서의 세부 동작 알고리즘을 나타내었다.

알고리즘 1 - 전송 측
- 데이터 수신 - 데이터를 수신, 데이터 패킷에 표시된 time stamp 정보를 기반으로 지연을 획득, 자신의 평균 지연 갱신, 전력 소비와, 패킷을 카운트함.
- RTS 전송 - if( My queue is empty    avg_delay < Dmin ) && duty cycle level > 1) 현재 duty cycle level 감소 if( avg_delay > Dmax && current duty cycle level < 3 && current energy < Te) if( $p_{target}$ > Tmax) 현재 duty cycle level 증가 else if( $p_{target}$ < Tmin) 현재 duty cycle level 감소 else if( $p_{highest}$ < Tmax) 현재 duty cycle level 증가 else 현재 duty cycle level 유지 결정된 duty cycle를 RTS 패킷에 포함하여 전송
- CTS 수신 - 수신된 CTS의 패킷에 포함된 상대의 결정을 확인하고 실제 duty cycle를 변경함

(그림 3) 전송측 알고리즘

<p><b>알고리즘 2 - 수신 측</b></p> <p>- RTS 수신 -                  if(current duty cycle level &lt;= received duty cycle level &amp;&amp; current energy &lt; Te)                      수신 받은 duty cycle level로 결정                  else if(current duty cycle level &gt;= received duty cycle level &amp;&amp; avg delay &lt; Dmin)                      수신 받은 duty cycle level로 결정                  else                      자신의 duty cycle level</p> <p>- CTS 전송 -                  결정된 duty cycle level을 CTS를 통해 전송</p>
---

(그림 4) 수신측 알고리즘

본 알고리즘에서 avg\_delay는 하나의 노드에서 의 평균 지연 값을 나타내고, Dmax 와 Dmin 값은 최대, 최소 지연 값을 의미하며, 이 값들은 변경될 수 있다. Te 값은 에너지 경계 값을 나타내고, 이 값을 초과할 경우에는 에너지 소모를 많이 한 경우를 나타낸다. Tmax, Tmin 은 패킷 양의 최대, 최소를 나타낸다. 이러한 값들은 현재 버퍼에서 목적지로 가는 패킷의 양을 판단할 때 사용한다. 현재 목적지로 가는 패킷의 수는  $p_{target}$ 으로 내고, 큐에서  $p_{target}$ 을 제외한 가장 많은 패킷 수는  $p_{highest}$ 로 나타낸다.  $p_{target}$ 을 이용하여 buffer의 패킷이 균등하게 분포가 되어있는지, 다른 곳으로 전송되어야 할 패킷의 수가 많은지 확인을 할 수 있다.

센서 노드는 데이터를 수신하고, 데이터 패킷에 표시된 지연 정보를 획득한다. 그리고 자신의 평균지연을 갱신하고, 전력 소비를 계산하기 위해 패킷을 개수를 센다. 이렇게 함으로써 현재의 트래픽 상태를 판단할 수 있는 평균 지연과 자신의 에너지 소모율을 판단할 수 있다. 큐가 비어있거나, 평균 지연이 Dmin 보다 적을 경우, 현재 전송할 패킷의 수가 많지 않기 때문에 자신의 duty cycle 을 확인하고 초기의 duty cycle 이 아니라면, 에너지 소비를 줄이기 위해 sleep 기간을 증가시킨다. 현재 목적지 노드로 전송할 데이터가 많은 경우  $p_{target}$ 은 Tmax 보다 크게 나타난다. 현재 목적지로 가는 패킷의 수가 많기 때문에, 지연을 줄

이기 위해서는 duty cycle 을 높여서 전송할 수 있는 기회를 높여야 한다. 만일,  $p_{target}$  이 Tmin 보다 적은 경우에는 목적지 노드로 전송해야 하는 패킷의 양이 아주 적다는 것을 의미하므로, 에너지 소모를 줄이기 위해, 기본 duty cycle로 될 때까지 duty cycle를 낮추게 된다.

$p_{highest}$ 가 Tmax 보다 작다면 즉, 현재 목적지로 가는 패킷의 수도 Tmax 를 넘지 않고, 다른 노드로 전송하는 패킷의 수도 Tmax 를 넘지 않기 때문에 현재 노드에서 전송해야 하는 패킷이 균등하게 분포되어 있다고 생각할 수 있다. 따라서 지연을 줄이기 위해, DSMAC 과 비슷하게 duty cycle 을 높인다. 그리고 위의 세 가지 조건에 해당되지 않으면, 현재 duty cycle 을 그대로 유지하고 동작한다.

본 논문에서 두 노드 사이에서 duty cycle를 변경하기 위해 S-MAC에서 사용되는 RTS, CTS 패킷을 수정하여 사용한다. 그리고 기본적인 duty cycle은 listen period 이 100ms이고, sleep period이 3900ms이다. 전송할 패킷이 많은 경우, 패킷의 지연을 줄이기 위해 duty cycle 을 2000ms, 1000ms로 줄이게 된다.

하나의 센서 노드의 주변 노드들은 서로 다른 duty cycle로 동작을 할 수 있다. 즉, 많은 데이터를 전송해야 하는 센서 노드와는 duty cycle 을 높이고, 반대인 경우에는 duty cycle 을 낮추기 때문에 서로 다른 duty cycle 로 동작하게 된다. 이러한 duty cycle 조정은 이웃 노드들의 스케줄에 영향을 주지 않는다. duty cycle 을 증가하거나 감소하는 것은 S-MAC 에서 사용하는 기본 duty cycle 의 배수로하기 때문이다. listen 기간은 변경되지 않는다. duty cycle 을 변경하지 않는 노드와의 동기화 문제는 발생하지 않는다. 동기화 기반 센서 네트워크에서 동기화 문제는 매우 중요한 문제이다.

## 4. 성능 평가 및 결과 분석

### 4.1 실험 환경

본 제안 기법의 성능평가를 위해 NS-2 를 이용하여 시뮬레이션 하였다. 총 49개의 노드가 7x7 grid 형태의 네트워크를 형성하도록 배치하였고, 그림 5와 같이 모서리 끝에 위치하는 0번 노드가 sink 노드로써 동작하도록 설정하였으며, 데이터를 생성하는 노드는 6, 27, 42, 45, 48 들로 설정하였다. 노드와 노드 사이의 거리는 50m이며, transmission 거리는 55m로 설정하였고, 시뮬레이션 시간은 1000초 설정하였다. 라우팅 프로토콜로는 greedy 프로토콜[9]를 사용하였고, MAC 프로토콜로는 Timeout 기능을 가진 기본 S-MAC 프로토콜[5], DSMAC[8] 그리고 본 제안 기법을 선택하여 비교 하였다. 에너지 소모 모델은 S-MAC 의 논문을 참고하여 RF의 TX, RX, SLEEP시 24.75mW, 13.5mwW, 15uW를 각각 소모하도록 하도록 설정하였고, 본 제안 기법의 기본 Listen/Sleep 주기로써 listen period 를 100ms로 sleep period를 3900ms로 설정하였다.

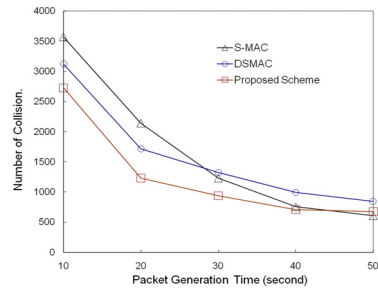


(그림 5) 시뮬레이션 노드 구성도

성능 평가 요소로써는 3가지 프로토콜들이 동작하면서보인 전체 처리율, 전달비율, 충돌 횟수 그리고 에너지 소비량을 선택하였다. DSMAC과 제안 기법의 Dmax와 Dmin은 논문 [8]을 참조하여 각각 2와 1로 지정하였다.

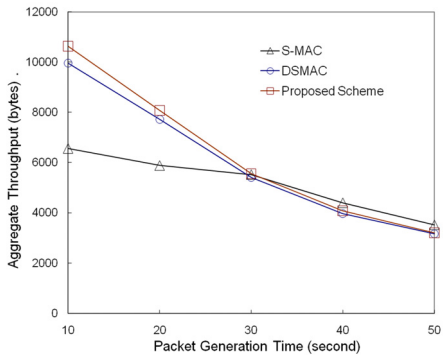
### 4.2 시뮬레이션 결과 및 분석

지정된 패킷 생성 노드들은 패킷을 싱크노드로 10, 20, 30, 40, 50초 간격으로 전송한다. 10초 간격으로 패킷을 생성하여 전송할 경우, 많은 패킷을 전송하기 때문에 트래픽 부하가 크게 나타난다. 그리고 패킷 생성 간격이 점점 늘어나게 되면, 전송할 패킷이 적어지기 때문에 트래픽 부하가 점점 작아지게 된다. 시뮬레이션 결과는 트래픽 부하가 크게 나타나는 경우에서부터 시작하여 점점 트래픽 부하를 작게 하여 충돌 횟수, 전체 처리율, 전달비율, 에너지 소비량 측면에서, 제안된 MAC, DSMAC, S-MAC 프로토콜을 비교한 것이다.



(그림 6) 충돌 횟수

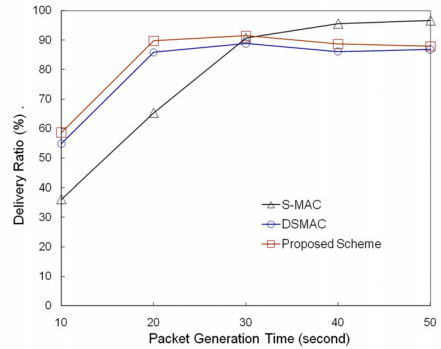
그림 6은 패킷 생성 시간에 따른 충돌 횟수를 보여주고 있다. 10초 간격으로 패킷을 전송을 하면, 지정된 소스 노드에서 패킷을 빠르게 생성하여 싱크로 전송하기 때문에 트래픽 부하가 크게 나타나게 된다. 이러한 경우 제안된 프로토콜은 버퍼 점유율에 따라 특정 노드 간에 적응적으로 duty cycle 을 변경함으로써 적은 패킷을 전송하는 노드들 duty cycle 변경에 참여하지 않는다. 따라서 그림에서와 같이 S-MAC 과 DSMAC 보다 충돌이 적게 나타난다. 그리고 지정된 패킷 생성 노드들이 패킷을 생성하여 싱크로 전송하는 시간이 점점 늘어나게 되면 트래픽 부하가 작아지게 되므로, 제안된 MAC 과 DSMAC 은 S-MAC과 비슷하게 동작한다. 따라서 그림과 같이 30, 40, 50 간격으로 늘어나게 되면, 수치는 비슷하게 나타난다.



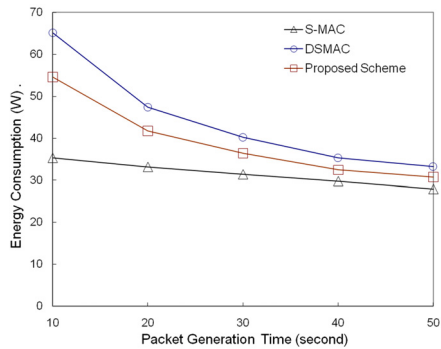
(그림 7) 전체 처리율

그림 7은 패킷 생성 시간에 따른 전체 처리율을 보여주고 있다. 패킷 생성 시간이 10초인 경우, 트래픽 부하가 크기 때문에, 제안된 MAC에서는 다른 프로토콜들과는 달리 패킷이 많은 경로 사이의 노드들만 duty cycle 을 높게 된다. 따라서 그래프에 나타난 것과 같이 10초 인 경우, S-MAC, DSMAC과 비교하여 처리율이 가장 높게 나타난다. 그리고 패킷의 시간을 점점 늘리게 되면, 전송할 패킷의 수가 적기 때문에 트래픽 부하가 작게 된다. 따라서 50초에는 처리율이 모두 비슷하게 나타난다.

그림 8은 패킷 생성 시간에 따른 전달비율을 보여주고 있다. 처리율에서와 동일하게 10초 간격으로 패킷을 전송할 경우, 즉, 트래픽 부하가 큰 경우, 제안된 프로토콜은 RTS 패킷을 통해 많은 패킷을 전송하는 노드들만 duty cycle을 조정하여 통신에 참석하기 때문에, DSMAC과 S-MAC에 비해 통신 시 CSMA/CA의 경쟁에 참석하는 노드의 숫자가 작아지게 되므로, 전달비율이 높게 나타난다. 패킷 발생시간이 50초인 경우, 트래픽 부하가 낮게 나타나기 때문에, 제안된 프로토콜은 DSMAC과 비슷하게 duty cycle을 낮추어 에너지 소모를 줄일 수 있게 동작한다. 따라서 비슷한 50초인 경우 프로토콜들은 비슷한 수치를 보인다.



(그림 8) 전달비율



(그림 9) 에너지 소비량

에너지 면에서 보면, 단순히 listen/sleep 을 반복하는 S-MAC 이 가장 작은 에너지를 소모하지만, 그림 6 ~ 8에서 보인 것처럼 S-MAC 이 처리할 수 있는 데이터가 작으므로 효율적으로 에너지를 소모했다고 말하기 힘들다. 그에 비해 본 제안 기법은 충돌, 처리율, 전달 비율 면에서 DSMAC 보다 더 좋은 성능을 보임에도 불구하고 그림 9에서처럼 DSMAC 에 비해 더 작은 에너지를 소모하고 있다. 이는 DSMAC 과 다르게 데이터 통신에 참석하는 노드들만 duty cycle을 조정하므로, 꼭 필요한 노드들만 wakeup하여 통신에 참석하기 때문이다.

그림 6 ~ 9을 통해 본 논문에서 제안하는 기법이 기존 S-MAC 이나 DSMAC 에 비해 보다 효과적임을 알 수 있다.

## 5. 결 론

최근 USN 을 기반으로 한 멀티미디어 트래픽 모니터링에 관한 연구가 점차 관심을 갖게 되는 시점이다. 기존의 연구는 WSN 을 기반으로 한 멀티미디어 트래픽을 전송하기 위해서는 적합하지 않다. 따라서 본 논문에서는 최근 연구 동향에 적절하고, 기존 MAC 프로토콜과 차별성이 있는 MAC 프로토콜을 제안하였다. 제안된 MAC 프로토콜을 성능평가 하기 위해서, N-2를 이용하여 S-MAC 과 DSMAC 의 두 개의 프로토콜과 비교하였다. 성능 평가 요소로는 전체 처리율, 전달비율, 충돌 횟수 그리고 에너지 소비량을 선택하였다. 제안된 프로토콜은 지연이 발생 했을 때, 적은 패킷을 전송하는 노드는 통신에 참여하지 않음으로써 다른 두 프로토콜에 비해 적은 충돌 횟수를 가질 수 있었고, 많은 패킷을 전송해야 하는 노드들만 duty cycle를 조정하여 통신에 참여하기 때문에 처리율과 전달비율 면에서 더 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 마지막으로 에너지 소비량 면에서 S-MAC 이 성능이 가장 좋게 보이지만, 처리할 수 있는 데이터가 적기 때문에 효율적이라고 말하기 힘들다. 4가지 요소의 비교를 통하여 제안된 MAC 프로토콜이 다른 두 프로토콜과 비교하여 더 효과적임을 알 수 있었고, 제안된 기법은 WSN 에서 멀티미디어 정보를 처리하기 위한 연구에서 참조하여 사용할 수 있을 것으로 기대된다.

### 감사의 글

“본 연구는 지식경제부의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음” (IITA-2009-(C1090-0902-0047))

## 참 고 문 헌

- [1] Ian F. Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam, and Erdal. Cayirci, "A Survey on Sensor Networks", IEEE Communication. Magazine, 2002.
- [2] 채동현, 한규호, 임경수, 안순신, "센서네트워크의 개요 및 기술 동향", 정보과학회지 제 22권 제 12호, 2004.12.
- [3] Ilker Demirkol, Cem Ersoy, and Fatih Alagöz , "MAC Protocols for Wireless Sensor Networks: a Survey", Communications Magazine, IEEE, Volume 44, Issue 4, Page(s):115 - 121 April 2006.
- [4] I.F. Akyildiz, T. Melodia, and K. R. Chowdhury, "A Survey on wireless multimedia sensor networks," computer Netw. (Elsevier), vol. 51, no. 4, pp.921-960, Mar. 2007.
- [5] Deborah Estrin, John Heidemann, Wei Ye, "An energy-efficient MAC protocol for wireless sensor Networks", in proceeding of the IEEE INFOCOM: 1567~1576, 2002.
- [6] Wei Ye, John Heidemann, and Deborah Estrin, "Medium access control with coordinated, adaptive sleeping for wireless sensor network", in IEEE transactions on Networking, June 2003.
- [7] G. Lu, B. Krishnamachari, and C.S. Raghavendra, "An Adaptive Energy Efficient and Low-latency MAC for Data Gathering in Wireless Sensor Networks", Proc. of 18th Int'l Parallel and Distributed Proc. Symp: 224, Apr. 2004.
- [8] P. Lin, C. Qiao, and X. Wang, "Medium Access Control with a Dynamic Duty Cycle for Sensor Networks", IEEE Wireless Commun. and Networking Conf., Vol.3,21-25 : 1534~1539, Mar. 2004.
- [9] B. Karp and H. T. Kung, "GPSR: Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Sensor Networks," in ACM MOBICOM'00, Aug. 2000.



● 저 자 소개 ●



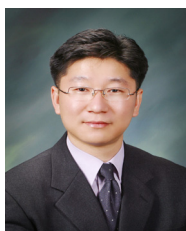
**김 성 훈**

2007년 순천대학교 멀티미디어공학과 졸업(학사)  
2007~ 현재 순천대학교 대학원 멀티미디어공학과 석사과정  
관심분야 : 센서 네트워크, 멀티미디어 통신  
E-mail : freedom533@naver.com



**이 성 근 (교신저자)**

1985년 고려대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
1987년 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)  
1995년 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)  
1997년 ~ 현재 순천대학교 공과대학 멀티미디어공학전공 교수  
2004년 ~ 2005년 : University of California, Davis 컴퓨터과학과 방문교수  
관심분야 : 유비쿼터스 센서 네트워크, 멀티미디어 통신, 인터넷 QoS  
E-mail : sklee@sunchon.ac.kr



**정 창 렬**

1999년 순천대학교 대학원 컴퓨터교육과 졸업(석사)  
2005년 순천대학교 대학원 컴퓨터과학과 졸업(박사)  
관심분야 : RFID/USN, RFID/USN Privacy Security, etc.  
E-mail : chari7@sunchon.ac.kr



**고 진 광**

1982년 홍익대학교 컴퓨터공학과 학사  
1984년 홍익대학교 컴퓨터공학과 석사  
1997년 홍익대학교 컴퓨터공학과 박사  
1997년 - 1998년 Oregon State University. 컴퓨터공학과 방문 교수  
2001년 3월~2002년 8월 순천대학교 정보전산원 원장  
2005년 3월~2007년 2월 순천대학교 공과대학 학장, 산업대학원장  
관심분야 : RFID/USN, 데이터베이스, 전자상거래 보안, 인터넷 QoS.  
E-mail : kjg@sunchon.ac.kr