

---

# 센서 네트워크에서 실시간 응용을 위한 전송 지연 개선 기법

빈봉욱\* · 이종협\*\*

A Scheme to Reduce the Transmission Delay for Real-Time Applications in Sensor Networks

Bong-Uk Bin\* · Jong Hyup Lee\*\*

## 요 약

센서 네트워크 환경에서 실시간 응용이 원활하게 동작하기 위해서는 센싱 노드에서부터 싱크 노드까지의 실시간 전송이 요구된다. 기존의 혼잡 제어 기법들은 센서네트워크에서 혼잡 문제를 해결하기 위한 방법들을 제안하였으나 보고주기를 변경하거나 중간노드에서 전송을 억제하는 방식이므로 전송 지연 발생이 가능하여 실시간 센서 네트워크 응용에는 적합하지 않다. 본 논문에서는 실시간 데이터에 대해 전송 지연을 감소시키고 throughput을 증가시킬 수 있는 새로운 메커니즘을 제안하였다. 이 메커니즘에서는 데이터를 실시간성을 기준으로 분류하여 실시간성을 유지하고 있는 데이터를 우선 처리하고 실시간성을 잃은 데이터는 비실시간성 데이터와 함께 처리토록 하였다. 또한 본 논문에서 제안한 전송 지연 개선 기법을 IEEE 802.15.4 MAC 계층에 적용하기 위해 수정된 프레임 포맷도 함께 제안하였다. 또한 본 논문에서 제안한 기법을 적용하는 경우 전송지연 및 throughput 측면에서 어느 정도의 성능개선이 이루어지는지를 확인하기 위해 ns-2를 기반으로 시뮬레이션을 수행하였으며 본 논문에서 제안한 기법이 실시간성이 중요한 응용에 적용될 경우 기존의 기법에 비해 우수한 성능을 나타냄을 확인하였다.

## ABSTRACT

Real-time applications in a wireless sensor network environment require real-time transmissions from sensing nodes to sink nodes. Existing congestion control mechanisms have treated congestion problems in sensor networks, but they only adjust the reporting frequency or the sending rate in intermediate nodes. They were not suitable for real-time applications from the transmission delays point of view. In this paper, we suggest a new mechanism that can reduce the transmission delay and can increase the throughput for real-time applications in sensor network. This mechanism classifies data on the real-time characteristics, processes the data maintaining the real-time characteristics prior to the other data such as the non real-time data or the data lost the real-time characteristics. A modified frame format is also proposed in order to apply the mechanism to IEEE 802.15.4 MAC layer. The simulation based on ns-2 is accomplished in order to verify the performance of the suggested scheme from transmission delay and throughput standpoints. The simulation results show that the proposed algorithm has a better performance specifically when it applies to the real-time applications in sensor networks.

## 키워드

Sensor Networks, 802.15.4a, LR-WPAN, MAC, Real-Time

## I. 서 론

최근의 센서 기술의 발전으로 인하여 저비용, 저전력, 소형화된 센서 노드들이 개발되었다. 센서 노드는 빛, 소

리, 온도, 움직임 등을 감지할 수 있는 센서와, 감지된 정보를 가공할 수 있는 프로세서를 가지며, 이를 전송할 수 있는 무선 통신 기능을 갖춘 소형 장치이다. 무선 센서 네트워크는 광범위한 지역에 분산되어 있는 초소형, 저

---

\*, \*\* 인제대학교

\*\* 교신저자 (이종협 : icjlee@inje.ac.kr)

전력 스마트 센서 노드들로 구성된 무선 Ad Hoc 통신망이다. 즉, 센서 네트워크는 광범위하게 설치되어 있는 유무선 네트워크 인프라에 상황인지를 위한 다양한 센싱 디바이스를 통합하여 감지된 환경 데이터를 응용서비스와 연동하는 기술이다 [1].

센서 네트워크는 군사, 의료, 환경, 농업 그리고 사무 영역 등 넓은 범위의 응용으로 사용될 수 있다. 센서 네트워크에서 센싱된 데이터의 타입, 데이터 전송률, 신뢰도 같은 요구사항들은 센서 네트워크에서 동작하는 응용들에 따라 서로 다른 특징들을 갖는다 [2]. 그 중에서도 이동 대상의 위치 추적, 재난방지 및 군사용 목적 등 긴급을 필요로 하는 응용들은 센서 필드에서 수집된 정보를 최대한 빠른 시간 내에 목적지로 전달해야 하며, 일정 시간 내에 목적지까지 도달하지 못한 데이터들은 실시간성을 잃어버리게 되어 실시간 응용 데이터의 가치를 상실하게 된다. 이와 같은 응용들은 사용자의 요구 수준에 따라서 비실시간 센서 네트워크 응용에 비해 보다 많은 제약이 따른다 [3].

비실시간 센서 네트워크 응용의 경우, 하나의 이벤트에 대해 다수의 노드가 중복적으로 보고를 시도하는 것이 일반적이다. 그러나 실시간 센서 네트워크 응용에서는 하나의 이벤트에 대해 오직 하나의 노드만이 보고를 시도하며, 생성된 데이터가 일정 시간 이내에 싱크 노드에 도착해야 하는 실시간 제약조건을 가지고 있다. 그러나 기존의 혼잡 제어 기법에서는 데이터의 실시간성을 보장하지 못하고 있기 때문에 본 논문에서는 실시간 응용을 위한 새로운 전송 지연 개선 기법을 제안한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다.

우선 II장에서는 혼잡 제어 기법과 관련된 기존의 여러 연구결과들을 소개하며, III장에서는 전송 지연 개선 및 이를 위한 새로운 필드의 정의에 대해 설명한다. 그리고 IV장에서는 본 논문에서 제안한 전송 지연 개선 알고리즘에 대한 성능평가 결과를 분석하고, 마지막으로 V장에서는 결론 및 향후 연구방향에 대해서 기술한다.

## II. 관련 연구 동향

무선 센서 네트워크에서 혼잡이 발생하는 데에는 크게 두 가지 요인이 있다. 첫 번째는 패킷의 입력율이 서비스율을 초과하기 때문이며 이런 현상은 보통 상향트

래픽을 더 많이 전송해야 하는 싱크노드와 근접해 있는 노드들에게서 더욱 많이 나타난다. 두 번째 이유는 경쟁, 간섭, 비트 에러율과 같은 링크 레벨 성능 때문이다. 그래서 혼잡 상황의 센서 네트워크에서 실시간 응용을 적용하기 위해서는 실시간 응용에 적합한 혼잡 제어 기법을 필요로 한다. 센서 네트워크를 위해 기존에 설계된 전송 프로토콜로는 혼잡문제 또는 신뢰도에 각각 초점을 맞춘 것과 혼잡문제와 신뢰도 두 가지를 동시에 고려한 전송 프로토콜이 있다 [4]. 이를 세 가지 유형으로 분류하면 다음과 같다.

- 혼잡 제어 프로토콜:
  - CODA (Congestion Detection and Avoidance)
  - CCF (Congestion Control and Fairness)
  - PCCP (Priority-based Congestion Control Protocol)
  - ARC (Adaptive Rate Control) 등
- 신뢰도를 고려한 프로토콜:
  - ESRT (Event-to-Sink Reliable Transport)
  - RMST (Reliable Multi-Segment Transport)
  - RBC (Reliable Bursty Convergecast)
  - DTC (Distributed TCP Cache) 등
- 혼잡 제어와 신뢰도 두 가지를 모두 고려한 프로토콜:
  - STCP (Sensor Transmission Control Protocol) 등

혼잡 제어를 위한 대부분의 프로토콜들은 상향 트래픽이 한곳으로 모이는 형태의 센서 네트워크를 위해 제안되었다. 이들은 혼잡 감지, 혼잡 공지 또는 전송율 조정 메커니즘 측면에서 서로 다르다. 혼잡제어 프로토콜의 하나인 CODA는 싱크노드에서 소스노드로 전송하는 ACK 메시지의 수신 수준을 기반으로 소스노드가 전송율을 제한함으로써 전체 센서 필드에서의 지속적인 혼잡 문제를 해결하려는 정책과 함께, 순간적으로 지속되는 지역적 혼잡 상태 해결을 위해 중간 노드에서 혼잡 완화 시까지 전송 수준을 억제하는 방식을 제안하고 있다 [5].

신뢰도를 고려한 프로토콜에는 상향 스트림에 대한 신뢰도를 고려한 프로토콜과 하향 스트림에 대한 신뢰도를 고려한 프로토콜로 나뉜다. 신뢰도를 고려한 대표적인 프로토콜에는 ESRT를 들 수 있다 [6]. 혼잡 상황은 이벤트가 발생했을 때 해당 이벤트에 대한 전송 요구량이 전체 네트워크의 사용 가능한 자원보다 클 때 발생한다. 이에 근거하여 ESRT는 싱크 노드에서 중앙 집중적

인 방식을 통해 일정 주기마다 소스 노드의 보고 주기를 적절히 조절하여 주는 방식으로 혼잡 문제를 해결하는 기법이다. ESRT는 기지국 노드를 사용하여 사용자가 요구하는 신뢰도 수준에 맞추어 모든 센서 노드들의 보고 주기를 제어한다. ESRT는 센서 노드에서 기지국으로 보고된 데이터의 비율이 사용자가 요구하는 신뢰도 기준치보다 낮으면 보고 주기를 짧게 하고, 반대로 높으면 주기를 늘려 과도한 전송에 따른 에너지 소모를 막는다. 하지만 ESRT는 빈번하게 보고 주기를 변경하고 이를 전체 센서 노드들에게 브로드캐스트하기 때문에 심각한 제어 비용이 생기는 문제가 있다.

혼잡 제어와 신뢰도 양쪽 측면을 모두 고려한 프로토콜에는 STCP가 있다 [7]. STCP는 대부분의 힘든 일은 싱크노드에 할당하며 혼잡 제어와 신뢰도 모두를 제공한다. 중간 노드들은 패킷헤더에 설정된 비트에 의해 싱크로부터의 공지와 큐 길이를 기반으로 혼잡을 탐지한다.

하지만 위의 세 가지 부류의 프로토콜들은 혼잡 제어와 신뢰도에 중점을 둔 것이어서 위치추적 시스템을 비롯한 실시간 센서 네트워크 응용에는 적합하지 않다. 일반적으로 센서 네트워크 응용에서는 하나의 이벤트에 대해 다수의 노드가 중복적으로 보고를 시도하지만 실시간 센서 네트워크 응용에서는 하나의 이벤트에 대해 하나의 노드만이 보고를 시도한다. 따라서 ESRT처럼 보고 주기를 변경하는 기법은 사용자가 요구하는 이벤트에 대한 전송 요구량을 만족시키지 못하게 되므로 적용이 힘들다. 또한 실시간 센서 네트워크 응용은 생성된 이벤트에 대해 사용자가 요구하는 시간 이내에 싱크노드까지 도달해야 하는 실시간 제약을 갖는다. 따라서 CODA와 같이 중간 노드에서 전송을 억제하는 기법은 실시간 성능을 보장할 수 없으므로 실시간 응용에 적합하지 않다.

### III. 전송 지연 개선 기법

기존의 혼잡 제어 기법과는 달리 실시간 센서 네트워크 응용을 위한 혼잡 제어를 위해서는 다음과 같은 사항을 고려하여야 한다 [3].

- 사용자가 요구하는 특정시간 이내에 데이터를 싱크노드로 전송

- 하나의 이벤트에 대한 데이터가 손실되면 해당 이벤트에 대한 정보 전체가 손실되므로 손실을 최소화

IEEE 802.15.4 LR WPAN (Low-Rate Wireless Personal Area Network) 기술은 20, 40, 250Kbps의 낮은 전송 속도와 매우 저렴한 가격, 그리고 매우 긴 배터리 수명과 간단한 구조 및 연결성을 제공하여, 10m 이내의 작은 범위 내에서 무선 연결을 요구하는 분야에 적합한 표준으로 개발되었으며 이 표준은 무선 센서 네트워크의 물리계층 및 MAC (Medium Access Control) 계층 표준으로 상용되고 있다 [8].

그림 1은 IEEE 802.15.4에서 제시된 MAC 프레임 형태이다. 본 논문에서는 실시간 센서 네트워크 응용을 위한 혼잡 제어 기능을 효과적으로 적용하기 위해 표준 MAC 프레임에 정의되어 있는 가변 크기를 갖는 프레임 페이로드와 프레임 제어 필드의 예약비트를 이용하여 그림 2와 같이 실시간 센서 네트워크 응용이 가능한 새로운 프레임 형태를 제안한다.

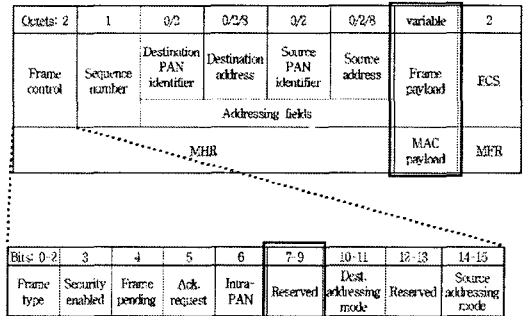


그림 1. 기존 IEEE 802.15.4 MAC 프레임 형태  
Fig. 1. Current IEEE 802.15.4 MAC frame format

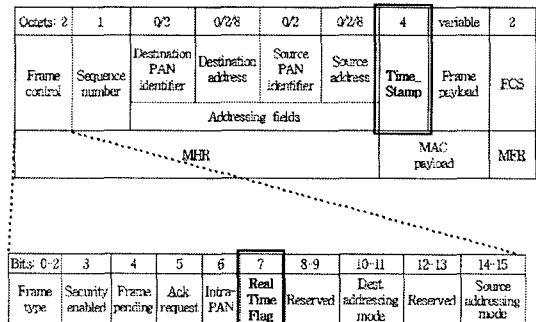


그림 2. 수정된 IEEE 802.15.4 MAC 프레임 형태  
Fig. 2. Modified IEEE 802.15.4 MAC frame format

기존의 IEEE 802.15.4 MAC과의 호환성을 고려하여 프레임 제어 필드의 예약비트중 하나인 7번째 비트를 실시간 처리 패킷의 사용여부를 알리는 **Real\_Time\_Flag(RT\_Flag)**로 활용하고, 프레임 페이로드의 처음 4바이트를 활용하여 실시간 데이터 생성 시점부터의 경과 시간을 나타내는 타임스탬프 (**Time\_Stamp: TS**) 정보를 저장한다.

- **RT\_Flag**: 1 비트가 사용되며 실시간처리 기능의 사용 여부를 나타낸다. (1인 경우 실시간 데이터 처리) 실시간성 데이터와 비실시간성 데이터를 동시에 처리할 때 높은 우선순위가 필요한 실시간성 데이터에 이 필드를 1로 설정하여 실시간 처리가 가능하도록 한다.
- **TS**: 4 바이트 크기가 사용되며 **RT\_Flag**가 1인 경우, 소스 노드에서 데이터의 전송을 시작한 시간을 기록한다.

그림 3은 본 논문에서 새로이 제안하는 실시간 데이터와 비실시간 데이터의 다중처리가 가능한 전송 지연 개선 알고리즘이다. 이 알고리즘은 전송 시 설정되는 라우팅 경로 상에서 소스 노드로부터 싱크 노드까지의 데이터 전송을 담당하는 백본 노드들에서 동작한다.

실시간 처리가 요구되는 데이터는 패킷 전송시점의 **TS**를 포함하여 전송토록 함으로서 이를 수신한 노드에서 처리 우선순위가 높은 실시간 버퍼에 저장하여 사용자가 요구하는 데이터 처리요구 한계 시간 **Time\_Limit** ( $\tau$ )을 넘지 않도록 한다.

백본 노드에서 동작하는 제안된 전송 지연 개선 알고리즘의 상세 동작 내용은 다음과 같다.

- ① 수신한 데이터 패킷의 **RT\_Flag**의 설정여부에 따라 실시간 패킷과 일반 패킷으로 나누어 처리한다. 그러나 **RT\_Flag**가 설정되어 있지 않은 경우라 하더라도 **TS** 값이 0보다 큰 값을 갖고 있는 패킷은 소스노드에서는 실시간 패킷이었지만 노드를 거치면서 **Time\_Limit**을 초과하게 되어 일반 패킷으로 바뀐 패킷이다. 이와 같이 실시간성을 잃은 패킷은 혼잡완화를 위해 지연 버퍼로 보낸 후 실시간 패킷 버퍼와 일반 패킷 버퍼에 더 이상 보낼 패킷이 없을 경우 전송하게 된다. **RT\_Flag**도 설정되어 있지 않고 **TS**도 0일 경우는 일반 패킷으로 분류되어 일반 패킷 버퍼로 보내지게 되고 이는 실시간 패킷보다 낮은 우선순위를 가지게 된다.

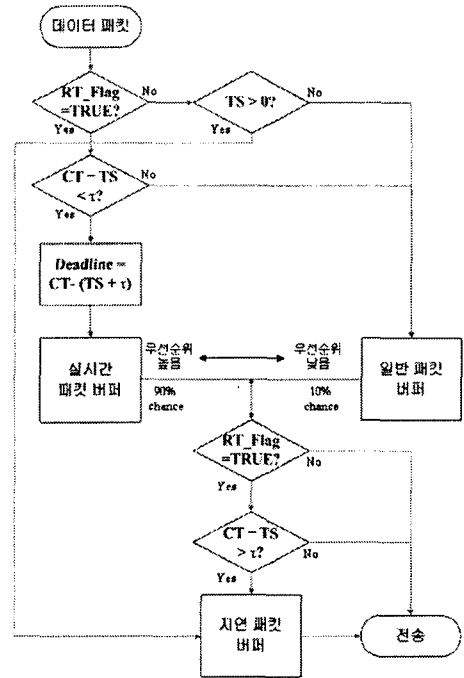


그림 3. 전송 지연 개선 알고리즘  
Fig. 3. Transmission delay reduction algorithm

- ② **RT\_Flag**가 설정된 패킷일 경우 현재시간 **CT**(Current Time)과 **TS**의 차를 **Time\_Limit**( $\tau$ )과 비교하여  $\tau$ 보다 크면 실시간성을 잃은 패킷이므로 일반 패킷 버퍼로 보내지고  $\tau$ 보다 작으면, **TS**와 처리요구 한계 시간인  $\tau$ 를 합한 값에서 **CT**를 뺀 값인 **Deadline**을 계산한 후 실시간 패킷 버퍼로 보낸다. **Deadline**은 해당 패킷이 실시간성을 잃어버릴 때까지 남은 여유시간을 의미한다.
- ③ 실시간 패킷 버퍼에서는 **Deadline** 값이 작은 것이 우선 처리될 수 있도록 버퍼 내의 패킷들을 정렬한다.
- ④ 실시간 패킷 버퍼에서 서비스 되는 패킷은 일반 패킷 버퍼에서 서비스 되는 패킷에 비해 높은 우선순위를 갖게 된다. 그러나 실시간 패킷들이 매우 많아질 경우 일반 패킷 들은 계속 기다림으로 인하여 처리가 매우 지연되는 문제가 발생할 수 있기 때문에 실시간 패킷 버퍼와 일반 패킷 버퍼 간의 처리비율을 가중치로 주어 처리토록 함으로써 비실시간 패킷도 일정량을 서비스 해 주도록 한다. 가중치는 서비스의 종류에 따라 다르게 설

정될 수 있다.

- ⑤ 패킷 버퍼에서 서비스된 패킷들 중 실시간패킷들의 경우는 CT와 TS의 차를 데이터 처리요구 한계 시간인  $\tau$ 와 비교하여, 실시간성을 유지하고 있는 패킷 즉,  $CT - TS \leq \tau$ 를 만족하는 패킷과 일반패킷의 경우는 즉시 전송하도록 한다. 그러나 실시간성을 잃은 패킷은 지연 패킷 버퍼로 보내어져 대기하다가 실시간 패킷 버퍼와 일반 패킷 버퍼가 비었을 때 보내지게 된다.

본 알고리즘에서는 실시간성을 잃은 패킷의 경우에도 버리지 않고 대기시킨 후, 노드에서 처리할 다른 패킷이 없을 경우 처리토록 함으로써 다른 패킷의 전달 성능에 영향을 주지 않으면서 싱크노드까지 실시간성을 잃은 패킷이 전달될 수 있도록 하고 있다. 이는 본 알고리즘이 전체적인 데이터를 조합하여 정보를 얻는 응용에서도 활용이 가능하도록 할 수 있다. 예를 들어 위치 추적 시스템에서 추적 대상의 현재 위치와 함께 추적 대상의 이동경로 파악까지를 원한다면 실시간성을 잃은 데이터라도 가능한 보내는 것이 정보 활용측면에서 유리하기 때문이다.

#### IV. 전송 지연 개선 기법의 성능 평가

본 장에서는 IEEE 802.15.4 MAC 프로토콜에 본 논문에서 제안하는 전송 지연 개선 알고리즘을 적용하여 실시간 센서 네트워크 응용에서 적합한 성능을 발휘하는지를 시뮬레이션을 통해 확인한다. 제안된 기법의 성능을 평가하기 위해 ns-2 [9] 시뮬레이터를 사용하였다. ns-2 2.29 버전을 이용하여 본 논문에서 제안한 전송 지연 개선 알고리즘을 추가로 구현한 후 시뮬레이션을 수행하였다.

시뮬레이션을 위해 설정된 노드의 개수는 총 101개이고 이들은 80x80 m<sup>2</sup>의 센서 필드에 그림 4와 같은 형태로 위치한다고 가정한다. 트래픽 형태는 포아손 트래픽을 가정하였으며 트래픽 흐름은 센싱한 모든 데이터는 싱크노드로 전송한다는 가정 하에 노드 43번에서 노드 77번으로의 데이터전송과 노드 71번에서 노드 77번으로의 데이터 전송을 가정하였다. 노드의 전송 범위는 9m로 설정하였으며 시뮬레이션 시간은 200초, 데이터 전송

방식은 직접 전송방식을 사용하고, 라우팅 프로토콜은 AODV(Ad Hoc On-Demand Distance Vector) [10]를 사용하였다.

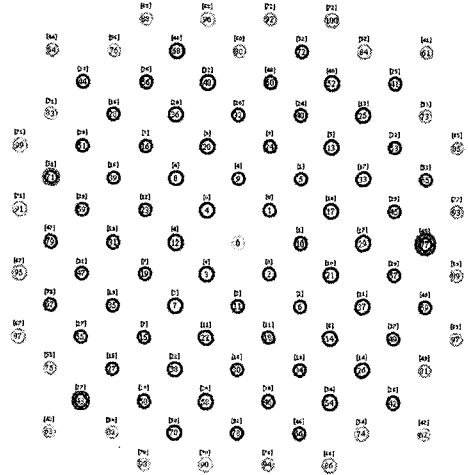


그림 4. 시뮬레이션 시나리오  
Fig. 4. Simulation scenario

본 시뮬레이션에서는 기존 IEEE 802.15.4 MAC과 본 논문에서 제안한 전송 지연 개선 기법을 구현한 수정된 IEEE 802.15.4 MAC을 비교하여 실시간 패킷의 짧은 지연시간을 보장할 수 있는지를 분석하기 위해서 일반 패킷과 실시간 패킷의 생성 비율을 7:3으로 하였으며 Time\_Limit값은 0.08초로 가정하였고 각각의 상황에서 10회씩의 시뮬레이션을 수행 하여 평균값을 그래프로 나타내었다.

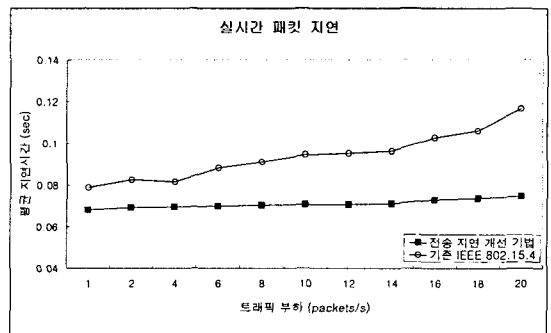


그림 5. 실시간 패킷에 대한 지연  
Fig 5. Delay for real-time packets

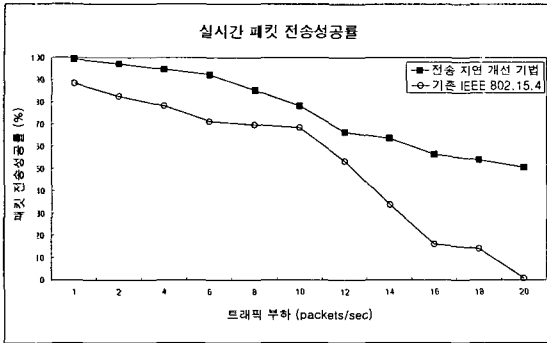


그림 6. 실시간 패킷의 전송 성공률  
Fig. 6. Transmission success ratio of real-time packets

그림 5와 6은 위에서 가정된 시뮬레이션 환경에서 시뮬레이션을 수행한 결과로 나타난 성능 그래프들이다. 초당 평균 트래픽 부하를 증가시키면서 트래픽 부하가 심한 상황에서의 성능분석도 시행하였다.

그림 5에서 평균 지연시간은 소스노드에서부터 목적지 노드까지의 총 전송 지연시간들의 평균값을 나타낸다. 기존의 IEEE 802.15.4 MAC의 경우는 실시간 패킷과 일반 패킷을 구분하지 못하므로 트래픽 부하가 증가할수록 실시간 패킷의 평균 지연시간이 점차 증가하고 있지만 본 논문에서 제안한 전송 지연 개선 기법을 적용한 경우에는 트래픽 부하가 증가하더라도 실시간 패킷의 경우에는 일정한 평균 지연시간을 유지하여 미리 설정한 실시간 패킷의 데이터 처리요구 한계시간인 0.08초를 넘지 않고 실시간성을 잘 유지하고 있는 것을 볼 수 있다. 그림 6은 제안한 전송 지연 개선 기법을 적용한 경우와 기존의 IEEE 802.15.4 MAC의 경우에 대해 실시간 패킷의 전송성공률을 비교한 그래프이다. 전송 지연 개선 기법에 비해 기존 IEEE 802.15.4 MAC의 실시간 패킷 전송성공률이 트래픽 부하가 높아질수록 심하게 떨어지는 것을 볼 수 있다. 이에 반해 제안된 전송 지연 개선 기법의 경우 실시간 패킷을 우선적으로 처리하여 전송함으로써 기존의 기법에 비해 실시간 성능을 유지하는 패킷의 전송 성공률도 더욱 높을 수밖에 없다. 그림 6을 통해서 Time\_Limit( $\tau$ )값 이내에 전송한 실시간 패킷의 전송 성공률이 기존의 기법보다 확연히 높음을 알 수 있다.

그림 7과 8은 앞서 가정된 시뮬레이션 환경 하에서 네트워크를 구성하는 노드의 수가 변화함에 따라 실시간 패킷 지연시간과 실시간 패킷 전송 성공률을 비교한 그래프이다. 노드의 배치는 랜덤하게 하였으며 0번 노드와

마지막 노드는 센서네트워크 필드의 대각선 모서리에 서로 대칭되도록 고정하여 0번에서 마지막 노드로 패킷을 전송하도록 하였으며 트래픽 부하(packets/sec)는 10으로 고정하여 시뮬레이션을 수행하였다.

그림 7의 실시간 패킷 지연 시간 비교 그래프에서도 역시 전송 지연 개선 기법을 적용 하였을 때 네트워크를 구성하는 노드의 개수가 많아질수록 지연시간이 좀 더 줄어드는 것을 확인할 수 있다. 그림 5에서는 하나의 노드로 2개의 트래픽이 전송 되었던 것과 달리 여기서는 하나의 트래픽만 전송하였고 트래픽 부하도 10으로 고정하였기 때문에 트래픽 부하가 상대적으로 적어 그림 5와 같이 큰 성능 차이는 보이지 않고 있다. 그림 8에서 보는바와 같이 네트워크를 구성하는 노드의 개수 증가에 따른 실시간 패킷 전송 성공률도 트래픽 부하에 따른 그래프와 마찬가지로 전송 지연 개선 기법을 적용하였을 때 노드 수가 많아질수록 기존 기법에 비해 성공률 격차가 더 크게 나타나는 것을 확인하였다.

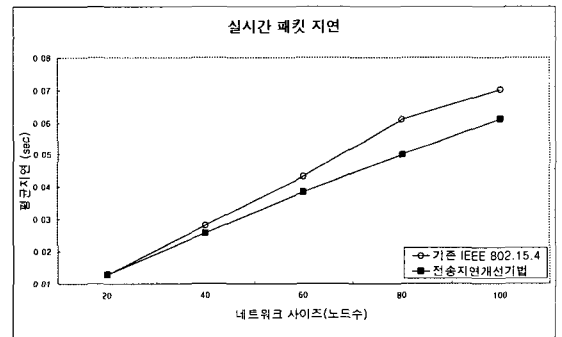


그림 7. 실시간 패킷에 대한 지연  
Fig. 7. Delay for real-time packets

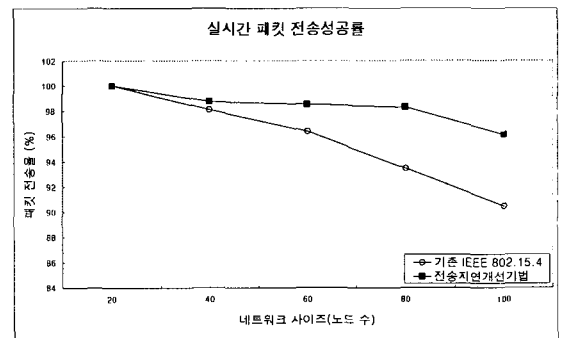


그림 8. 실시간 패킷의 전송 성공률  
Fig. 8. Transmission success ratio of real-time packets

따라서 본 논문에서 제안한 전송 지연 개선 기법을 적용할 경우 실시간 패킷들에 대해서는 우선처리를 하여 혼잡 상황에서도 패킷 지연을 감소시킬 수 있으며 실시간 패킷들을 데이터 처리요구 한계 시간 이내에 전송하는 정도에 대한 성능 지표인 전송 성공률도 더욱 향상시킬 수 있다는 것을 확인 할 수 있다.

### V. 결 론

센서 네트워크의 실시간 응용에서 센서 MAC 프로토콜이 가지고 있는 큰 문제점 중의 하나가 데이터 전송 지연 문제인데 본 논문에서는 이를 개선하기 위한 새로운 실시간 처리 알고리즘을 제안하였다. 실시간 응용은 사용자가 요구하는 시간적 제약조건을 가지므로, 실시간과 비실시간 응용을 구분하지 않는 기존의 연구들이 제안한 혼잡 제어 기법들은 적용하기 힘들다.

본 논문에서는 데이터 생성 시간을 기준으로 사용자가 요구하는 실시간성을 가진 데이터들에게 우선순위를 주어 일반 데이터 또는 실시간성을 잃은 데이터들보다 우선적으로 전송토록 함으로써 실시간 센서 네트워크 응용에 적합한 제어 알고리즘을 제안하였다. 또한 실시간성을 잃은 데이터들도 지연 패킷 버퍼를 거쳐 전송해 줌으로써 실제 응용에서 사용자가 보다 많은 정보를 수신할 수 있도록 하였다. 본 논문에서 제안한 전송 지연 개선 기법을 적용한 경우가 그렇지 않은 기존의 경우에 비해 실시간 응용에서 높은 성능을 보여주고 있음을 ns-2 기반의 시뮬레이션을 통해 입증하였다.

센서 네트워크의 발전에 따라 실시간 응용을 처리하기 위한 요구가 더욱 많아 질 것으로 보이므로 노드에서의 알고리즘 뿐 아니라 네트워크 차원에서 실시간 응용에 최적화된 라우팅 기법연구 및 신뢰성 있는 실시간 혼잡 제어 기법에 대한 연구가 향후의 주요 이슈가 될 것으로 판단된다.

### 참고문헌

[ 1 ] U.-P. Han, H.-C. Lee, Y.-J. Chung, "무선 센서네트워크를 위한 에너지 효율적인 클러스터 구성 알고리즘," 정보처리학회논문지 C 제14-C권 제2호, 2007.  
 [ 2 ] I.F. Akyildiz, W. Su and Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci, "Wireless sensor networks : a survey," Proc, Computer Networks 2002, December 2001.  
 [ 3 ] W.-W. Jung, H.-J. Cha, "실시간 센서네트워크 응용을 위한 혼잡 회피 기법," 한국컴퓨터종합학술대회, 2005.

[ 4 ] C. Wang, K. Sohraby, and B. Li, M. Daneshmand, Y. Hu, "A Survey of Transport Protocols for Wireless Sensor Networks," Proc, Network, IEEE, May-June 2006.  
 [ 5 ] C.-Y. Wan, S. B. Eisenman, and A. T. Campbell, "CODA: Congestion Detection and Avoidance in Sensor Networks," Proc. ACM Sensys '03, Los Angeles, CA, Nov. 5-7 2003.  
 [ 6 ] Y. Sankarasubramaniam, O. B. Akan, and I. F. Akyildiz, "ESRT: Event-to-Sink Reliable Transport in wireless Sensor Networks," Proc. ACM Mobihoc '03, Annapolis, MD, June 1-3 2003.  
 [ 7 ] Y. G. Iyer, S. Gandham, and S. Venkatesan, "STCP: A Generic Transport Layer Protocol for Wireless Sensor Networks," Proc. IEEE ICCCN 2005, San Diego, CA, Oct. 17-19 2005.  
 [ 8 ] IEEE 802.15.4-2003 IEEE Standard for Information Technology-Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANS), 2003.  
 [ 9 ] The Network Simulator ns2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>  
 [ 10 ] C.E.Perkins, E.M.Belding-Royer and S.D.R.Das, "Ad Hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing," IETF Internet Draft, draft-ietf-manet-aodv-13.txt, Feb. 2003.

### 저자소개

#### 빈 봉 옥 (Bong-Uk Bin)



2005년 2월 인제대학교 전자정보통신공학부 (공학사)  
 2007년 8월 인제대학교 정보통신공학과 (공학석사)

※ 관심분야 : Sensor Network, Computer Network, RFID

#### 이 종 협 (Jong Hyup Lee)



1984년 2월 고려대학교 산업공학과 (공학사)  
 1986년 2월 한국과학기술원 (KAIST) 산업공학과 (공학석사)

n1996년 8월 한국과학기술원 산업공학과 (공학박사)  
 1986년 2월~2004년 2월 한국전자통신연구원 책임연구원 (팀장)  
 2004년 3월~현재 인제대학교 정보통신공학과 조교수  
 ※ 관심분야 : High-speed Network Design and Routing, Switch and Router Technology, Network Protocols, Sensor and Mobile Network