

# 센서 네트워크에서 에너지 효율적인 응용 프로토콜의 설계<sup>†</sup>

(A Design of an Energy-Efficient Application Protocol  
for the Sensor Networks)

차 현 철<sup>1)</sup>  
(Hyun-Chul Cha)

**요 약** 센서 네트워크의 활용 중 농작물 관리 등의 응용에서는 온도 등의 속성이 적절한 범위 내에서 관리되어야 하며 이를 위한 에너지 효율적인 응용 프로토콜이 반드시 필요하다 하겠다. 본 논문에서는 이런 요구를 충족시킬 수 있는 에너지 효율적인 응용 프로토콜을 제안하였다. 속성을 적정 범위 내에서 관리하기 위해 존이라는 개념을 사용하는 MSZ 알고리즘을 제안하였다. 또 제안된 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 실제 센서노드를 사용하여 온도 자료를 수집한 후 프로그래밍을 통해 알고리즘들을 구현하여 비교하였다. 실험결과 제안한 MSZ 알고리즘은 주기적 전송을 사용하여 센서노드의 상황을 주기적으로 파악할 수 있는 능력을 가지면서도 에너지 효율 측면에서 APTEEN 보다 더 좋은 성능을 보여주었다. 본 논문에서 제안한 MSZ 알고리즘은 농작물이나 발효식품 관리처럼 특정 속성을 일정한 범위 내에서 관리하여야 하는 응용에 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

**핵심주제어** : 센서 네트워크, 네트워크 수명, 에너지 효율적, 응용 프로토콜, MSZ

**Abstract** Some application of the sensor networks such as crop management must control the temperature within a proper range. The energy-efficient applications and protocols for them are needed. In this paper, we propose an energy efficient application protocol which can meet these needs. We use the concept of safety zone to manage the appropriate range of properties within our algorithm. We name our proposed algorithm "MSZ". To assess the performance of the proposed algorithm the actual temperature data was collected using the sensor node. The algorithm was implemented through programming and compared with the other algorithms. Experimental results show that the MSZ algorithm has a much better performance than that of APTEEN in terms of energy efficiency as well as has the ability of determining the status of sensor nodes with the periodical transmitting. Our MSZ algorithm can be useful in applications developments for the management of crops, fermented food and etc.

**Key Words** : Sensor Networks, Network Lifetime, Energy-efficient, Application protocol, MSZ

<sup>†</sup> 본 연구는 2013년 동양대학교 교내연구과제 연구비지원을 통해 수행된 연구임

1) 동양대학교 컴퓨터정보전학과, 교신저자(hccha@dyu.ac.kr)

## 1. 서론

유비쿼터스 센서네트워크(USN: Ubiquitous Sensor Network)는 우리가 관심이 있는 모든 사물에 통신기능을 가진 전자태그를 부착하고 이를 통해 사물 인식 정보를 기본으로 온도나 습도, 압력, 충격, 오염 등의 주변 환경정보를 탐지해 이를 실시간 네트워크를 통해 전송 또는 관리한다. USN은 모든 사물에 컴퓨팅과 통신 능력을 부여해 언제, 어디서나, 어떠한 대상과의 사소통이 가능한 지능형 컴퓨팅 환경을 구현하는 것이며, 이것이 이른바 유비쿼터스 사회의 근간이 된다 [1].

USN 응용 서비스 사례들을 살펴보면, 원격 건강관리 서비스, 실버케어 서비스 등의 u-헬스케어 분야, 태풍, 집중호우 등의 상황에서 교량 등의 시설물 유지관리 모니터링 등의 재난·재해 방지 분야, 범죄 및 테러예방 적용사례 등의 범죄 예방 분야, 대기 중 오염물질 감시, 하천의 수질과 수위정보 측정, 이상 기후, 해양 오염, 환경 재해 등의 환경 감시 분야, 전장 생존과 감시정찰 등의 군사 분야 등 그 활용분야는 무궁무진하다고 할 수 있다[1].

무선 센서 노드는 일반적으로 센서필드에 산개되며 산개된 노드들은 각각 데이터를 수집하여 싱크 노드로 데이터를 보낼 수 있는 능력을 가진다. 대부분의 센서 네트워크 응용은 다량의 센서 노드를 설치하기 때문에 설치 후 다시 회수하기 위해서는 많은 시간과 비용이 필요하게 된다. 또한 사람이 접근하기 어려운 지역에 설치한 경우에는 회수가 불가능하게 된다. 센서 네트워크를 구성하고 있는 센서노드들은 자원이 제한된 하드웨어 및 저전력으로 동작해야 하기 때문에, 노드의 전력소모 최소화 및 프로그램의 크기 등을 고려하여야만 한다[2,3].

센서 네트워크에서 에너지 효율을 높이려는 여러 가지 시도가 있어왔다. 이러한 노력들은 물리계층, MAC 계층 및 라우팅 프로토콜 등의 개발 등에서의 다양한 시도들이라고 할 수 있다. 그러나 이러한 노력만으로 에너지 낭비를 줄이는데에는 한계가 있으며 응용계층에서 또한 효율적 에너지 소비를 위한 방법들이 고려되어야 할 것이다. 즉, 응용계층에서 전송해야 할 데이터의 발생 자체를 줄일 수 있다면 이는 하위의 라우팅 프로토콜과 MAC과 물리계층 모두의 전송 시도를 줄일 것이므로 불필요한 에너지 소비를 원

천적으로 해소하는 방법이 될 것이다.

본 논문에서는 센서 노드의 수명에 매우 큰 영향을 미치는 응용 데이터의 전송 횟수를 줄여 효율적으로 에너지를 사용하며 이를 통해 센서 네트워크의 수명을 늘릴 수 있도록 하는 응용 프로토콜을 설계한다.

## 2. 본론

### 2.1 연구의 필요성 및 관련 연구

센서 네트워크가 특정 속성을 일정한 범위 내에서 관리하여야 하는 경우를 고려해 보자. 대표적인 경우로 비닐하우스에서 농작물을 재배하는 경우를 생각해 보면, 농작물의 성장과 수확에 온도와 습도 등의 속성이 큰 영향을 미치게 되므로 온도나 습도와 같은 속성이 너무 높거나 혹은 너무 낮지 않도록 관리되어야 할 것이다. 만약 온도나 습도가 일정 수준 이상으로 올라간다면 출입문을 열거나 환풍기 혹은 냉방장치 등을 작동시켜 온도나 습도를 적정 수준 이하로 떨어뜨릴 수 있다. 또한, 온도나 습도가 지나치게 낮다면 난방장치나 가습장치 등을 작동시켜 온습도가 적정 수준 범위 내에 있도록 할 수 있을 것이다. 또한 농업의 과학화 및 선진화를 위해 온도나 습도, 조도, 영양분 등의 속성 변화와 농작물의 성장 및 결실 상태변화 등의 상관관계가 연구되어야 할 것이며 이를 위해서는 주기적으로 속성 값의 변화가 기록되어 분석의 자료로 사용되어야 할 필요성이 있다.

이러한 방법으로 관리되어야 하는 환경으로는 위에서 언급한 농작물을 재배하는 경우 외에도, 청국장이나 메주, 간장 등과 같은 발효 식품의 제조 시에도 발효를 위해 온도와 습도 등이 일정 범위 내에서 관리될 수 있어야 하는 등 농식품 분야에서 많은 응용 사례들이 발생하고 있다.

위와 같은 환경을 가정한다고 할 때, 가장 간단한 응용 프로토콜로는 센서 노드가 일정 시간 간격의 주기로 온도나 습도와 같은 속성 값을 센싱하여 전송하는 방식을 사용할 수 있다. 그러나 이 방법은 주기가 짧을 경우 많은 데이터의 전송을 야기하여 네트워크 수명이 짧아지게 되며 반대로 주기가 긴 경우에는 데이터의 변화나 특정 사건의 발생과 같은 이벤트를 놓칠 수 있는 문제점이 있으므로 상시전원이 제공되지

않는 환경에서는 실제로 사용하기에는 어려운 방법이 될 것이다.

이러한 문제점을 해결하기 위한 응용 프로토콜로 TEEN[4]이나 APTEEN[5]에서 사용하는 것과 같은 방식을 고려해 볼 수 있다. TEEN은 주로 온도와 같이 급작스럽게 변화하는 속성 값들에 반응하기 위해 설계된 계층적 프로토콜이다. TEEN에서 클러스터 헤더는 두 개의 임계치를 노드들에게 방송한다. 두 개의 임계치는 센싱되는 속성 값들에 대한 hard와 soft 임계치이다. hard 임계치는 센서 노드가 자신의 송신장치를 켜서 클러스터 헤드로 전송을 시작할 수 있는 최소값이다. 그러므로 hard 임계치는 노드가 센싱한 속성 값이 관심 영역에 들어갔을 때에만 전송할 수 있도록 해줌으로써 전송 횟수를 상당히 줄일 수 있게 해 준다. 또한, 이전에 전송한 값과의 차이가 soft 임계치를 넘지 않는다면 즉, 센싱한 속성 값이 변화가 없거나 혹은 거의 차이가 나지 않는다면, 전송하지 않도록 함으로 더 더욱 전송 횟수를 줄일 수 있게 한다. 이 방법에서 사용자는 에너지 효율성과 데이터 정확성 사이의 trade-off를 조절할 수 있다. 하지만 TEEN은 임계치에 미치지 못할 경우 사용자는 데이터를 전혀 얻을 수 없으므로 주기적인 보고가 필요한 응용 등에서는 적합하지 않다. 아울러, 설사 노드가 어떠한 이유에서 동작을 중지했다 하더라도 그 사실을 알 수 없다. 또한, 만약 노드들이 임계치 값들을 수신하지 못하면 통신을 할 수 없으며 사용자는 네트워크로부터 어떤 데이터도 받을 수 없게 된다. 마지막으로 실제 구현할 경우 클러스터 내에서 충돌이 발생하지 않아야 한다는 단점이 있다[6,7].

APTEEN은 TEEN의 확장판으로서 시간에 민감한 이벤트에 반응함은 물론 주기적 데이터 수집, 둘 다를 할 수 있도록 하기 위해서 고안되었다. 구조는 TEEN과 동일하며, 베이스 스테이션이 클러스터를 구성할 때 클러스터 헤더는 모든 노드에게 임계치들과 전송 스케줄을 방송한다. TEEN과 APTEEN의 시뮬레이션 결과는 LEACH[8]에 비해 더 좋은 성능을 보여준다. 실험 결과, TEEN은 전송 횟수를 줄이므로 에너지 소비와 네트워크 수명 측면에서 가장 좋은 성능을 보여 주며, APTEEN은 LEACH와 TEEN 사이에 있음을 보여준다. APTEEN의 주요 장점으로는 능동적(proactive) 정책과 반응적(reactive) 정책 모두를 결합하며, 사용자로 하여금 임계치 값들을 조절하여 에너

지 소비를 조절할 수 있는 유연성을 제공한다는 점이다. APTEEN의 주요 단점은 임계치 함수 등을 구현하는데 따르는 부가적인 복잡성이라고 할 수 있다. 또한, 두 접근법의 가장 큰 단점은 다중레벨의 클러스터의 형성, 임계치 기반 함수의 구현, 쿼리에서 속성 기반의 naming 등에 따르는 오버헤드와 복잡성이라 할 수 있다[6,7].

위에서 살펴본 것처럼 TEEN은 센서 네트워크 내에서 특정 속성의 값이 갑작스럽고 급격한 변화가 있을 때 즉시 반응하는 시간에 민감한 응용에 적합한 알고리즘이라 할 수 있다. 또한, APTEEN은 주기적 전송을 사용함으로써 주기적 데이터 모니터링과 같은 응용에도 사용될 수 있도록 TEEN을 수정하였다. 즉, APTEEN은 반응적 네트워크와 능동적 네트워크 모두에서 사용될 수 있는 장점을 가지나 TEEN에 비해 상대적 에너지 효율을 떨어진다고 할 수 있다. 또한 hard 임계치가 한 개만 존재하므로 속성이 정해진 기준을 넘는지 아닌지만을 판단하면 되는 응용에는 적용할 수 있거나 속성을 적정 범위 내에서 관리해야 하는 환경에 적용하기에는 적합하지 않은 측면을 가지고 있다. 이에 본 논문에서는 상기와 같이 특정 속성이 적정 범위 내에서 관리되어야 하는 응용에서 활용될 수 있는 센서 네트워크 응용 프로토콜을 제시하고자 한다.

## 2.2 제안 알고리즘

제안된 프로토콜에서는 대표적인 속성 중 하나인 온도를 대상으로 하였으며 먼저, 관리하고자 하는 온도의 영역을 구분하기 위해 존(zone)이라는 개념을 도입하였다. 온도가 너무 높거나 너무 낮지 않은 적정 범위 내에 위치할 때를 안전 존(safety zone)이라고 하고 그 밖의 영역을 위험 존(dangerous zone)이라 칭하기로 한다. 존을 구분하기 위해 존 상한 임계치  $Z_{hi}$ 와 존 하한 임계치  $Z_{low}$ 를 정의하며 임의의 측정 온도 값 ( $V_C$ )이 아래와 같이 이들 존 임계치들 사이에 있을 때를 안전 존 영역 그 외의 경우를 위험 존 영역이라 부르기로 한다.

- 안전 존 :  $Z_{low} \leq \text{측정값}(V_C) \leq Z_{hi}$
- 위험 존 :  $V_C < Z_{low}$  or  $V_C > Z_{hi}$

제안 프로토콜에서는 측정된 데이터의 전송 여부를 결정하기 위해, 값(Value) 임계치와 시간(Time) 임계치, 두 가지 종류의 임계치를 사용한다. 값 임계치는 측정값의 변화를 고려하기 위해 사용되며, 시간 임계치는 전송 시간의 변화를 고려하기 위해 사용된다. 본 알고리즘에서 사용하는 임계치들과 그 의미는 <표 1>과 같다.

<표 1> 알고리즘에서 사용된 임계치  
<Table 1> Thresholds used in Algorithm

분류	이름	설명
존 임계치	$Z_{hi}$	존 상한값 임계치
	$Z_{low}$	존 하한값 임계치
값 임계치	$V_{gap}$	값 차이 임계치
시간 임계치	$T_{ex}$	안전존 외부 시간간격 임계치
	$T_{in}$	안전존 내부 시간간격 임계치

이들 임계치를 사용하는 본 알고리즘은 존을 안전하게 관리하기 위한 알고리즘이므로 안전 존 관리 알고리즘(MSZ: Managing the Safety Zone Algorithm)이라 부르기로 하며 알고리즘의 상세는 다음과 같다.

- (1) 노드는 연속적으로 센싱한다.
- (2) 노드는 센싱한 속성의 값( $V_C$ )이 안전 존 영역 인지 위험 존 영역인지를 판단한다.
  - $V_C$ 가 맨 처음 위험 존 영역에 위치하면 송신기를 켜서 센싱값을 전송한다. 그리고  $V_C$ 를 임시 저장소인  $V_S$ 에 저장하고 현재 시각( $T_C$ )을  $T_S$ 에 저장한다.
- (3) 다음에 측정된 센싱값은 다음 아래 조건을 만족할 때에만 그 값을 전송하고, 성공적으로 전송하였으면  $V_C$ 와  $T_C$ 를  $V_S$ 와  $T_S$ 에 각각 저장한다.
  - 만약, 위험 존 영역에 있다면,  
 $|V_C - V_S| \geq V_{gap}$  혹은  
 $T_C - T_S \geq T_{ex}$  인 경우
  - 만약, 안전 존 영역에 있다면,  
 $T_C - T_S \geq T_{in}$  인 경우
- (4) 단계 (2)로 간다.

이는 센싱값이 안전 존 영역에 있을 때에는 온도가 안전하게 관리되고 있으므로 가끔씩 온도의 변화 주거나 노드의 작동 여부만 확인하면 될 것이다. 반대로 현재 온도가 위험 존에 있다면 이는 정확한 상황 파악과 관리를 위해 측정값은 자주 전송되어야 한다. 우리의 프로토콜은 이러한 요구조건을 만족 시킬 수 있도록 설계되었다.

### 3. 실험 및 결과

제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 실제 센서노드를 이용하여 온도를 측정하였다. 사용된 제품은 한백전자 ZigbeX 모델로서 단말 노드에서 온도를 센싱하여 베이스 노드로 전송하도록 하였으며 실험 환경은 다음과 같다.

- 사용 센서노드: 한백전자 ZigbeX Ver. 1.4
- 측정기간: 2013.12.12~2013.12.19(7일간)
- 측정 환경: 건물 외부의 실외 환경
- 측정 간격: 매 12초마다 측정 및 전송

측정 결과 총 49,910회의 온도 값이 센싱되어 베이스 노드로 전송되었다. 매 12초 간격으로 7일간 전송하였다면 산술적으로는 50,400회(7일×24시간×60분×5개/분)의 자료가 수집되어야 하나 실제로는 전체 데이터의 약 0.97%에 해당하는 490회의 데이터 손실이 발생하였으며 이는 전송과정의 에러 발생 등의 이유에 기인한다. 이렇게 측정하여 수집한 자료를 기본 데이터라고 부르기로 한다.

본 논문에서는 이들 기본 데이터를 사용하여 각각의 알고리즘을 적용하였을 때의 전송 효율과 전송 특성 등을 조사하였다. 기본 데이터 즉 동일한 환경 하에서 각 알고리즘이 어느 정도의 성능 차이를 보이는지 알아보기 위해서 Visual Basic을 이용해 각 알고리즘을 구현하고 기본 데이터에 적용한 후 그 결과를 비교하였다.

프로그램에서 알고리즘 구현을 위해 사용한 주요 임계치의 설정 값은 다음 <표 2>와 같다.

전송횟수를 줄이는 가장 간단한 방법은 각 전송사이의 간격을 넓게 하는 방법일 것이다. 전송간격을 12초에서 1분, 5분, 25분 간격으로 각각 5배씩 넓혔을 때

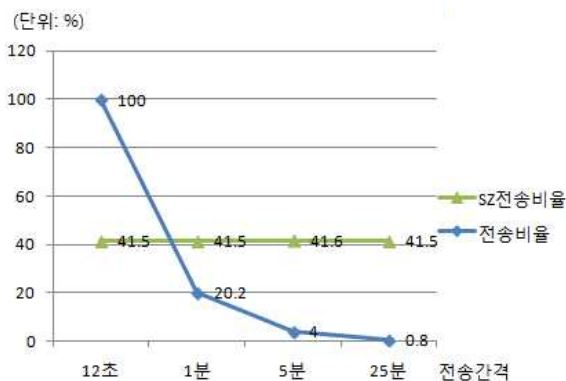
의 전송률을 살펴보았다. 우리는 이를 간격전송이라 부르기로 한다.

<표 2> 알고리즘 구현에 적용된 임계치 값  
 <Table 2> Threshold values used in algorithm implementation

$Z_{hi}$	$Z_{low}$	$V_{gap}$	$T_{ex}$	$T_{in}$
25℃	5℃	1℃	10분	30분

아래 <그림 1>은 간격전송시의 전송비율을 보여 준다. 기본 데이터가 매 12초 간격으로 데이터를 전송한다고 하였으므로 각 알고리즘의 상대적 성능을 비교하기 위해 우리는 매 12초 간격으로 센싱하고 센싱한 모든 데이터를 전송할 경우의 전체 전송 횟수 (49,910회)를 기준으로 하여 상대적 전송 횟수를 비교하였다. 즉, 매 12초 간격으로 전송 시의 전송횟수를 100으로 하였을 때 5배 간격인 1분 간격으로 전송한다면 전송 횟수는 20.2%로 거의 1/5로 줄어들음을 알 수 있다. 마찬가지로 5분 간격으로 전송한다면 4%, 25분 간격으로 전송한다면 0.8%가 됨을 알 수 있다.

또한, 우리는 존의 상한과 하한 임계치로 각각 25℃와 5℃를 사용하였으며 이 경우 전체 측정횟수 중 안전 존에 속하는 전송횟수는 41.5% 위험 존에 속하는 전송 횟수는 58.5%로 분류되었다. 간격전송의 경우 일



<그림 1> 간격전송 시 전송 비율  
 <Fig. 1> Transmitting ratio in periodical transmitting

정 간격으로 전송하므로 전송 간격이 늘어나더라도 안전 존과 위험 존 각각에서의 전송은 일정하게 되며

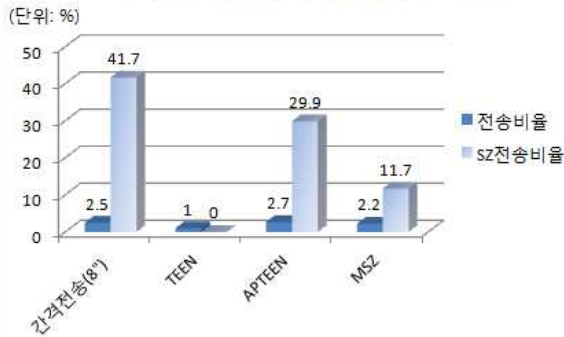
아래 그림에서 안전 존에서의 전송은 전송 간격과 상관없이 전체 안전 존의 비율과 거의 동일함을 알 수 있다.

다음으로 우리는 제안한 MSZ 알고리즘의 성능을 알아보기 위해 TEEN과 APTEEN 알고리즘 및 앞서 언급한 간격전송과 비교하여 보았다. 원래 TEEN과 APTEEN은 라우팅 프로토콜로 제시되었으며 MSZ는 응용계층에서 동작하는 알고리즘으로 제안하였으므로 단순 비교가 어려우나 간격전송 외에는 직접적인 비교대상이 없으므로 TEEN과 APTEEN의 다른 부분은 제외하고 전송 대상 선정 부분만을 동일 조건하에서 구현하여 비교 대상으로 하였다.

<표 2>에서 보이는 임계치들 중 존 상하한 임계치는 모든 알고리즘에 동일하게 적용되며 TEEN은  $V_{gap}$ 만, APTEEN은  $V_{gap}$ 와  $T_{ex}$  임계치를 그리고 MSZ은  $V_{gap}$ ,  $T_{ex}$  및  $T_{in}$  등 모든 임계치들을 사용한다.

동일한 기본 데이터에 대해 네 가지 알고리즘을 적용하였을 때 각 알고리즘의 전송 비율을 비교하였으며 그 결과는 <그림 2>와 같다. 첫 번째 결과는 간격전송의 경우로서 다른 알고리즘과 비슷한 전송비율을 보이는 매 8분마다 전송할 경우를 보여주며 이 경우 기본 데이터에 비해 25% 전송 횟수만을 가짐을 알 수 있다. 두 번째는 TEEN 알고리즘으로서 TEEN은 측정값이 위험 존에 있으면서 이전 전송과  $V_{gap}$  이상의 온도 차이를 보일 때에만 전송한다. 이 경우 기본 데이터에 비해 1%의 전송률만을 가짐을 보여주며 이것은 전송 횟수가 기본 데이터에 비해 획기적으로 감소됨을 의미한다. APTEEN은 위험 존에서 이전 전송과  $V_{gap}$  이상의 온도 차이를 보일 때 혹은 존과 상관없이 이전 전송과  $T_{ex}$  이상의 시간 경과 시에 전송한다. APTEEN은 12초 간격전송의 2.7% 전송비율을 가짐을 알 수 있으며 TEEN 보다는 높은 전송 비율을 가짐을 알 수 있다. 이는 주기적 전송에 기인하여 안전 존에서도 전송을 하기 때문이다. 마지막으로 본 논문에서 제안한 MSZ의 경우 위험 존에서 이전 전송과  $V_{gap}$  이상의 온도 차이를 보일 때 혹은 이전 전송과  $T_{ex}$  이상의 시간 경과 시에 전송을 하며, 안전 존에서는 이전 전송과  $T_{in}$  이상의 시간 경과 시에 전송을 한다. MSZ의 전송비율은 2.2%로 나타나며 이는 TEEN 보다는 많으나 APTEEN 보다는 적은 전송비율을 보여줌을 알 수 있다. 그러므로 전송비율 측면에서는 TEEN < MSZ < APTEEN 순임을 알 수 있으며

짧은 간격 전송에 비해 전송 횟수를 극소화 시킬 수 있음을 알 수 있다.



<그림 2> 알고리즘별 전송비율 비교  
 <Fig. 2> Comparison of transmitting ratio for algorithms

한편, 이 그림에서 두 번째 항목은 전송 횟수 중에서 안전 존안에 있을 때의 전송비율을 보여준다. 간격 전송의 경우 그 간격이 좁고 넓음과 상관없이 일정하게 기본 데이터의 안전 존 내부 데이터양과 거의 일치함을 알 수 있다. TEEN 알고리즘의 경우 안전 존 외부로 나갔을 때 직전 전송과 일정 온도차가 나면 전송을 수행한다. 그러므로 TEEN은 안전 존 내에서는 전혀 전송이 발생 하지 않는다. 이러한 특성은 전송횟수를 최대한 줄이는 데에는 도움이 되나 관리하는 속성이 안전 존안에 위치해 있을 때에는 그 변화를 알 수 없고 더군다나 노드가 죽더라도 그것을 알 수 있는 방법이 없는 치명적 약점이 될 수 있다. 이러한 약점을 보완하기 위해 APTEEN이 등장하였으며 APTEEN은 TEEN에 주기적 전송이라는 특성을 추가하였다. 위 실험에서 APTEEN은 약 30%의 전송은 안전 존에서 발생하며 나머지 70%의 전송은 안전 존 밖에서 이루어지고 있음을 알 수 있다. 물론 이 비율은  $T_{ex}$  파라미터를 변화시키면 바뀔 수 있으나 원래 데이터의 비율인 안전 존 내부 41.5%에 비해서는 낮게 나타날 것 이다.

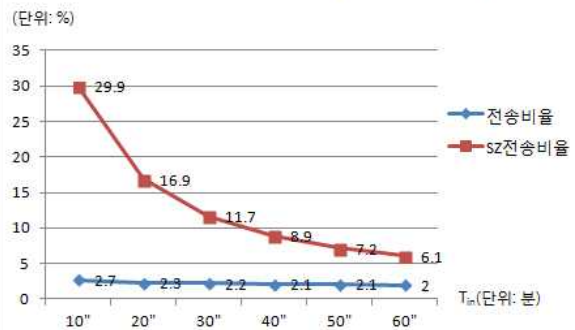
본 논문에서 제안한 MSZ의 경우 안전 존 내부의 전송 비율은 11.7%, 안전 존 외부의 전송비율은 88.3%로 APTEEN에 비해 안전 존 내부의 전송이 18.2% 낮게 나타남을 볼 수 있다. 이는 MSZ의 매우 좋은 특성 중 하나로 위험 존과 같이 속성이 관리되어야 하는 곳에서는 짧은 주기적 전송을 하여 속성

값의 변화에 대응하도록 하고 그 값이 안전 존 내부로 들어갔을 경우에는 상대적으로 긴 주기적 전송을 사용하여 최소한의 변화 혹은 작동여부를 파악할 수 있도록 하며 대신 전송 횟수를 줄여 센서 노드 및 네트워크의 수명을 늘릴 수 있음을 의미한다.

한편, 제안한 MSZ 알고리즘이  $T_{in}$  값의 변화에 따라 전송비율과 안전 존 전송비율이 어떻게 변화하는지 알아보기 위해  $T_{in}$  값을 10분에서 60분까지 변화시켜 가며 그 결과를 측정해 보았으며 그 결과는 <그림 3>과 같다.

<그림 3>에서  $T_{ex}$ 는 <그림 2>와 같이 10분으로 고정하였다. 그러므로  $T_{in}$ 도 똑같이 10분인 경우 MSZ는 APTEEN과 동일한 결과를 보여준다. 그 이후  $T_{in}$  값이 증가함에 따라 안전 존 내의 전송 비율은 지수적으로 감소하고 있음을 알 수 있다.

전체적으로 약 30~40분까지는 안전 존 전송비율이 급격히 줄어들다가 그 이후는 감소폭이 둔화됨을 볼 수 있다. 안전 존 내의 전송 횟수 감소는 전체 전송횟수의 감소로 이어지게 되며 상대적으로 전체 전송비율의 감소는 안전 존 전송비율의 감소에 비해 그 폭이 작음을 볼 수 있다.



<그림 3> MSZ에서  $T_{in}$  변화에 따른 전송비율 변화  
 <Fig. 3> Transmitting ratio variation in MSZ's  $T_{in}$  changes

한편,  $T_{in}$ 이  $T_{ex}$ 와 비슷할 때에는 APTEEN에 비해 성능 이득을 기대하기 힘들며 두 값의 차이가 커짐에 따라 안전 존 내의 전송횟수가 줄어들어 전체적인 성능이 좋아짐을 알 수 있다. 그러나 이 값이 지나치게 크질 경우 TEEN과 유사하게 안전 존 내의 전송횟수가 줄어 안전 존 내의 상황 파악이 힘들어지게 되므로 적절한  $T_{in}$  값의 선택이 MSZ

알고리즘의 성능에 큰 영향을 미친다고 할 수 있다. 하고 나아가 다른 알고리즘과의 실험적 성능평가를 해 나갈 것 이다.

#### 4. 결론 및 향후연구

센서 노드의 수명은 배터리 수명에 강한 의존성을 가지며 배터리 수명은 전송횟수와 밀접한 관련이 있다. 그러므로 센서 네트워크의 수명을 늘리기 위해서는 전송 횟수를 줄일 수 있는 방법이 고려되어야만 한다. 그러나 전송 횟수의 감소는 필연적으로 센서 필드의 환경변화에 대한 정보수집과 관리를 어렵게 한다. 그러므로 전송횟수를 줄일 수 있으면서 환경변화에 신속히 대응할 수 있는 알고리즘의 연구가 반드시 필요하다 하겠다. 특히 농작물 관리 등의 응용에서는 속성이 적정한 범위 내에서 관리되어야 하며 이를 위한 응용 프로토콜이 필요하다 하겠다.

본 논문에서는 이런 문제를 해결하기 위해 센서 네트워크에서 사용되는 에너지 효율적인 응용 프로토콜을 제안하였다. 속성을 적정 범위 내에서 관리하기 위해 존이라는 개념을 도입하였으며, 안전 존을 벗어나 위험 존에 진입하였을 때에는 전송횟수를 늘리고 안전 존 내에 있을 때에는 전송횟수를 줄일 수 있도록 하였다. 이를 통해 전송횟수는 줄이면서도 센서노드의 작동여부나 주기적 상황 파악은 가능하도록 하였다.

성능을 평가하기 위해 실제 센서노드를 사용하여 온도를 측정 한 후 다른 프로토콜들과 성능을 비교하기 위해 프로그램을 작성하여 알고리즘을 구현하였다. 비교 결과 제안한 MSZ 알고리즘은 APTEEN과 마찬가지로 주기적 전송을 사용하여 센서노드의 상황을 주기적으로 파악할 수 있는 능력을 가지면서도 APTEEN 보다 전송효율 측면에서 좋은 성능을 보여 주고 있다. 또한 TEEN과 APTEEN이 한 개의 임계치만 사용함에 따라 임계치를 넘는 데이터만 고려할 수 있는데 반해 본 알고리즘에서는 안전 존의 상하 양쪽으로 벗어나는 데이터들도 관리할 수 있다는 장점도 아울러 가진다.

우리가 제안한 MSZ 알고리즘은 농작물 관리 등 일정한 범위 내에서 관리되어야 하는 응용에 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

본 논문에서 제안한 MSZ 알고리즘은 향후 연구를 통해 센서노드에 직접 구현 및 포팅 하여 실제적인 환경에서 알고리즘의 성능과 특성 및 장단점을 파악

#### References

- [1] Gwan Joong Kim, Sun Jin Kim, Nae Soo Kim, Cheol Sik Pyo, "USN Service and Market Trend," Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers Vol. 25, No. 12, pp. 7-18, 2007.
- [2] I.F. Akyildiz, W. Su, Y. Hankaarasubramaniam and E. Cayirci, "A Survey on Sensor Networks," IEEE Communications Magazine, pp. 102-114, Aug., 2002.
- [3] Sang Joon Park, Young Bag Moon, Jongjun Park, "Sensor Network Simulation," Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers Vol. 25, No.12, pp, 74-82, 2007.
- [4] A. Manjeshwar and D.P. Agarwal, "TEEN: a routing protocol for enhanced efficiency in wireless sensor networks," Proc. of the 1st International Workshop on Parallel and Distributed Computing Issues in Wireless Networks and Mobile Computing, San Francisco, CA, Apr. 2001.
- [5] A. Manjeshwar and D.P. Agarwal, "APTEEN: A hybrid protocol for efficient routing and comprehensive information retrieval in wireless sensor networks," in the Proceedings of the 2nd International Workshop on Parallel and Distributed Computing Issues in Wireless Networks and Mobile computing, pp. 195-202., Ft. Lauderdale, FL, April 2002.
- [6] Kemal Akkaya, Mohamed F. Younis, "A survey on routing protocols for wireless sensor networks," Ad Hoc Networks Vol. 3, No.3, pp. 325-349, 2005.
- [7] Jamal N. Al-Karaki, Ahmed E. Kamal, "Routing Techniques in Wireless Sensor

Networks: A Survey," IEEE Wireless Communications, Vol. 11, No. 6, pp. 6-28, Dec. 2004.

- [8] W. Heinzelman, A. Chandrakasan and H. Balakrishnan, "Energy-Efficient Communications Protocol for Wireless Microsensor Networks," Proc. of ICSS'00, Hawaii Jan., 2000.



차 현 철 (Hyun-Chul Cha)

- 정회원
  - 경북대학교 통계학과 이학사
  - 경북대학교 컴퓨터공학과 공학석사
  - 경북대학교 컴퓨터공학과 공학박사
- 동양대학교 컴퓨터정보전학과 교수
  - 관심분야 : 컴퓨터 네트워크, 네트워크 보안, IT 융복합

논 문 접 수 일 : 2014년 02월 19일  
1 차 수 정 완 료 일 : 2014년 04월 02일  
2 차 수 정 완 료 일 : 2014년 04월 16일  
계 재 확 정 일 : 2014년 04월 21일