
무선센서네트워크를 위한 확률추론 휴리스틱기반 비주기적 전송

김강석* · 이동철**

Probability Inference Heuristic based Non-Periodic Transmission for the Wireless Sensor Network

Gangseok kim* · Dong-Cheol Lee**

요 약

저전력 무선 통신의 발전과 다기능, 저가의 스마트 센서는 원격에서 상태정보를 감지할 수 있는 센서네트워크의 실현을 가능하게 하였다. 센서 노드는 소형 배터리를 사용해 에너지를 공급받는데 일반적으로 배터리 교환이 용이하지 않은 위치에 설치되기 때문에 센서 노드의 평균 소모 전력을 최소화할 필요가 있다. 알려진 바에 따르면 센서 노드의 전체 소모 전력의 20-60%를 무선 통신에 사용하는 RF 모듈이 차지하고 있다. 본 논문에서는 센싱된 데이터의 송신에 소비되는 에너지를 개선하기 위해 센싱 데이터의 변동 특성에 실시간 적응하여 확률적 계산값이 임의의 랜덤값보다 클 경우 기지국 노드로 전송하는 확률추론 휴리스틱기반 비주기적 전송 방법을 제안한다. 제안하는 전송 방법에서는 확률추론 휴리스틱 알고리즘에 따라 센싱된 데이터와 직전 센싱된 데이터를 평가하여 전송 여부를 결정하며 알고리즘에 필요한 계수값은 알고리즘 검증 데이터의 재현율을 통하여 결정한다.

ABSTRACT

The development of low-power wireless communication and low-cost multi-functional smart sensor has enabled the sensor network that can perceive the status information in remote distance. Sensor nodes are sending the collected data to the node in the base station through temporary communication path using the low-cost RF communication module. Sensor nodes get the energy supply from small batteries, however, they are installed in the locations that are not easy to replace batteries, in general, so it is necessary to minimize the average power consumption of the sensor nodes. It is known that the RF modules used for wireless communication are consuming 20-60% of the total power for sensor nodes. This study suggests the probability inference heuristic based non-periodic transmission to send the collected information to the base station node, when the calculated value by probability is bigger than an optional random value, adapting real-time to the variation characteristics of sensing data in order to improve the energy consumption used in the transmission of sensed data. In this transmission method suggested, transmitting is decided after evaluation of the data sensed by the probability inference heuristic algorithm and the directly sensed data, and the coefficient that is needed for its algorithm is decided through the reappearance rate of the algorithm verification data.

키워드

무선 센서 네트워크, 확률적 휴리스틱, 센싱 데이터 적응, 비주기적 전송

* 제주대학교 통신컴퓨터공학부 주저자

접수일자 2008. 07. 03

** 제주대학교 경영정보학과 교신저자

I. 서론

무선 센서 네트워크(wireless sensor network)는 통신, 센싱(sensing), 처리를 담당하는 모듈이 결합된 센서 노드들의 집합으로서, 각 노드는 센서를 통하여 데이터를 수집하고 처리 모듈에서 데이터를 처리한 후, 무선통신을 이용하여 처리된 데이터를 사용자에게 전달한다. 이러한 센서 네트워크는 노드끼리 협력을 통해 인간이 쉽게 조사하지 못하는 장소에서 스스로 데이터를 수집할 수 있기 때문에 지리적으로 위험할 뿐만 아니라 많은 시간과 노력을 들여야 접근 가능한 자연환경의 조사에 활용된다. 무선 센서 네트워크의 대표적인 응용인 환경모니터링 응용에서의 센서노드는 환경감시를 위해 주위 환경 정보를 주기적으로 전송해야하고 또한 배터리로 동작하므로 전력소모를 적게 하여 오랫동안 사용 가능하게 해야 한다.

무선 센서 네트워크에서는 사용하는 센서들은 크게 이벤트에 반응하는 이벤트성 센서와 주기적으로 데이터를 샘플링하는 주기성 센서로 나눌 수 있다. 주기성 센서는 수질, 온도, 공기 질, 습도 등과 같은 변수를 주기적으로 센싱할 때 사용된다. 그리고 이벤트성 센서는 산불감시, 출입감지 등의 이벤트 발생의 감지에 사용된다. 환경모니터링과 같은 곳에 사용되는 센서들은 이벤트성 센서보다 주기성 센서를 많이 사용한다. 일반적으로 이벤트성 센서들의 데이터는 주기성 센서의 데이터보다 이벤트 발생 빈도수가 매우 낮아 주기성 센서 데이터보다 센서 네트워크에 영향을 적게 미친다. 따라서 이벤트성 센서들을 주기성 센서의 특수한 경우로 볼 수 있다.

최근 센서노드, 통신기법, 센서 기술 등의 발전과 함께 센서 네트워크에 대한 연구가 더욱 활발히 진행되고 있다. 센서네트워크의 성능은 크게 다음 세 가지 범주로 분류할 수 있다[1]. ① 에너지의 효율성, ② 감지 데이터의 정확도, ③ 서비스 품질. 이 중 가장 중요한 문제는 에너지 효율성이다. 에너지 효율성이란 네트워크가 동일한 에너지를 소모하며 발생한 이벤트의 손실 없이 얼마나 오랜 시간 동작하느냐이다[2]. 이를 위해 통신 알고리즘 측면에서의 에너지 소비를 줄이는 연구가 활발히 진행되어 에너지 효율성을 증가시키고 있으나 응용에서의 비효율적 에너지 소비는 해결하지 못하고 있다. 센서 네트워크에서 센서 노드의 RF(Radio Frequency) 전력 소모는 최대한 줄이면서, 원격 측정 결과에 대한 가독성

을 높이기 위해 센싱된 데이터의 신뢰도를 높이는 것이 중요하다. 기 연구된 휴리스틱(heuristic)을 이용한 비주기적 전송 방식은 센싱값이 급격한 변화가 발생하는 구간에서는 전송횟수가 증가하여 좋은 특성을 보이나 데이터 값이 계속 증가 또는 감소하면서 변화의량이 작은 구간에서는 오히려 전송횟수가 감소함으로써 국소 최적값(local minimum optimum)에 빠지는 경향이 있다. 본 논문에서는 확률적(probability) 휴리스틱 알고리즘의 추론 결과에 따라 센싱 데이터에 대한 전송 여부를 결정하는 방안을 제안한다. 이를 통해 소폭의 감소 또는 증가가 계속 발생하는 구간에서도 적절한 센싱 데이터의 전송이 가능하다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 에너지 효율적 전송 방식에 관한 기존 연구들을 살펴보고 3장에서는 제안하는 확률추론 휴리스틱 기반 비주기적 전송과 실험에 대하여 살펴봄 4장에서 결론에 대하여 언급한다.

II. 관련 연구

2.1 센서 노드의 전력 소비

센싱 대상의 각종 데이터를 측정하고 센싱된 데이터를 전송하는 센서 노드의 경우 일단 설치를 하고 나면 오랜 기간 방치 상태에 놓이게 된다. 만약 센서의 배터리가 며칠에서 몇 주정도 밖에 버티지 못한다면, 잦은 배터리 교체나 충전 작업으로 인해 효율성이 크게 저하될 것이다. MICA2[3]의 경우, 한 번 송신을 할 때 19.4mA, 수신을 할 때 19.7mA가 사용되며 TIP mote[4]는 송신할 때 17.4mA, 수신할 때 18.8mA를 사용하고 nano24 kit[5]는 수신할 때 19.7mA를 사용한다. 센서 노드에 내장된 데이터 전송과 관련된 통신 모듈은 센서 노드 전체 소비 전력의 20% - 60%를 차지한다. 따라서 일정 간격으로 전송하는 것보다 데이터 변화량에 따라 가변적으로 전송하는 것이 전송 횟수를 줄일 수 있으며, 이에 따라 센서 노드의 전력소비도 줄일 수 있다.

2.2 효율적 에너지 사용을 위한 연구

데이터 수집 분야에서의 에너지 효율성을 높이기 위한 연구는 중복되는 센싱 범위를 조절하는 기법[6,7]과 모니터링 주기를 조절하는 기법 [8,9,10]으로 나눌 수 있

다. PEAS[6]은 노드의 센싱 범위를 조절하는 기법으로서, 이웃 노드가 모니터링하지 않을 경우, 해당노드가 모니터링을 하고, 그렇지 않을 경우 센서를 끄으로써 소비 에너지를 감소시킬 수 있지만, 해당노드가 이웃 노드의 모니터링 범위를 완벽하게 포함하지 못한다는 단점이 있다. 이웃 노드들의 센싱 범위가 해당노드의 센싱 범위를 모두 포함하면 해당노드는 센싱하지 않음으로써, 에너지 소비를 줄이는 기법이지만, 실제로 이웃 노드가 해당노드의 센싱 범위를 확실하게 포함한다고 보장할 수 없다는 문제점을 지니고 있다[7].

모니터링 주기(periodic)를 조절하는 기법은 주기 조절 기준을 서버가 제공하는지 여부에 따라 분류한다. Kalman-Filter 예측 기법을 사용해 서버가 모니터링 주기를 노드에게 알려주어 주기를 조절하는 방법 [8]은 주기 예측을 서버에서 하므로 노드가 주기를 계산하지 않는다. 따라서 프로세싱에 드는 에너지 소모가 적고 주기 설정의 신뢰도가 높은 반면, 서버에 문제가 생기면 노드들이 주기 설정을 할 수 없는 문제와 모든 노드가 주기 정보를 서버에 전달해야 하는 문제가 있다. [9]은 수집한 데이터와 사용자가 만든 모델을 기반으로 에러율을 설정하고, 이를 기준으로 모니터링 주기를 결정한다. 이는 기존의 데이터를 이용하므로 실제 물리량의 변화에 적합하게 주기를 설정할 수 있지만, 실제와 근접한 모델을 만들기 위해 노드가 복잡한 계산을 수행하기 때문에 많은 처리 부하가 발생한다. 데이터 중심 모델링방법 [10]에서는 노드가 측정한 물리량이 전에 모니터링 했던 물리량과 큰 차이가 있으면 모니터링 주기를 1/2로 줄이고, 차이가 없으면 주기를 2배로 늘리는 방법을 사용하여 모니터링 주기를 조절하는 방법을 제안하였다. 이 방법은 에너지 소비를 크게 감소 시켜 에너지 효율성을 높였으나 모니터링 주기가 급격하게 늘어나 데이터 수집량이 크게 줄어, 수집한 데이터의 신뢰성이 떨어지는 단점이 있다. 주기적 전송방식은 일반적으로 사용하는 방식으로 주기적으로 데이터를 측정하여 측정된 데이터의 값의 변화유무에 무관하게 싱크 노드(sink node)로 전달하는 방식으로 통신방식이 간단하고 네트워크 트래픽량이 일정하다는 장점이 있으나 측정 주기보다 빠르게 변화하는 데이터를 효율적으로 측정할 수 없고 측정치에 변화가 없을 때 중복해서 데이터를 보내야 한다. 반면에 비주기적 전송방식은 측정치의 변화가 큰 경우에 측정값을 전송하는 방식으로 상대적으로 적은 양의 패킷을

사용하면서 측정치의 변화에 따라 데이터를 전송한다.

2.3 기울기를 이용한 비주기적 전송

현재 센싱한 데이터가 이전까지의 센싱값과 비교하여 변화가 큰 경우 데이터를 전송하는 방식으로 데이터 변화가 없을 경우 전송을 하지 않음으로써, 에너지 소비를 줄일 수 있다. 그러나 센싱 또는 전송하지 않는 시간이 기하급수적으로 늘어나면서 데이터의 수집이 불가능한 시간이 증가되어 데이터의 신뢰도가 떨어질 수 있다. 따라서 단순히 이전 측정값과 현재 측정값의 차이, 즉 기울기만을 이용하여 전송횟수를 결정하는 방식[11]은 계측 데이터의 신뢰도 측면에서 바람직하지 않다.

III. 상수값 결정과 제안된 휴리스틱

일반적으로 센서 노드는 자신이 계측한 데이터를 일정 시간 간격으로 싱크 노드에 전송한다. 그러나 센서에서 측정되는 데이터는 연속적으로 변화하기보다는 간헐적으로 불규칙하게 변화하는 비주기적 특성을 갖는다.

기존의 휴리스틱을 이용한 비주기적 전송 방식은 휴리스틱을 사용해 측정치의 변화가 큰 경우에는 측정 주기를 짧게 하고 변화가 작은 경우에는 측정 주기를 길게 하는 방식으로 데이터를 측정한다[11]. 이 방식은 센서의 측정값이 자주 변하는 계측 대상에 효율적이어서 데이터의 급격한 변화가 발생하는 구간에서는 전송횟수가 증가 한다. 그러나 데이터 값이 계속 증가 또는 감소하지만 그 변화량이 작은 구간에서는 전송횟수가 오히려 감소한다. 데이터 값이 계속 증가 또는 감소하는 구간은 정확한 판단을 위해 전송 횟수를 늘리는 것이 요구되는 구간이다.

3.1 확률 추론 휴리스틱기반 비주기적 전송

본 논문에서 확률 추론 휴리스틱 알고리즘으로 사용하는 SA(Simulated Annealing)방법은 후보 해를 바꾸어가면서 목적 함수를 개선해가는 방법으로서, 지역 국부 최적해(local optimal solution)에서 벗어나기 위해 국부 탐색방법에 수락과 종료기준 및 무작위 검색을 부과한다. 이렇듯 어떤 해에서 다른 해로 이동해가는 규칙을 이동(move)이라 부른다. 국부탐색방법은 항상 현재 해보

다 나온 해로 찾아가기에 국부 최적해에 빨리 수렴해 가지만, 일단 국부 최적해에 수렴이 된 이후에는 근처에 있는 다른 국부 최적해들로 옮겨 갈수가 없다. 이러한 단점을 극복하기 위해서 SA는 “uphill move”라는 개념을 도입하여 목적 함수를 증진시키지 못하는 해에 대하여도 교체 확률 함수 하에 받아 들여 옮겨가게 하였다. 이런 개념을 메트로폴리스 기준이라 부른다. 식 (1)은 본 논문에서 사용하는 확률추론 휴리스틱의 핵심 수식이다.

$$e^{-\frac{\Delta E}{kT}} \tag{1}$$

여기서, ΔE 는 센서 노드에서 n번째 측정된 기울기 값(s[n])에서 n-1번째 측정된 기울기 값(s[n-1])을 뺀 값으로 에너지 변화량이다. k는 볼츠만 상수이고 T는 온도이다.

본 논문에서 센서 노드의 기본적 전송 주기 조절은 측정된 데이터의 변화량에 기초한 확률에 따라 결정된다. 즉, ΔE 를 상수 kT로 나눈 변화 경계 기준값을 확률로 계산하여 센싱된 데이터의 전송 여부를 결정하는 방식이다.

3.2 파라미터 설정

SA 알고리즘과 같은 경험적 탐색기법은 관련된 파라미터에 의해 그 성능이 영향을 많이 받는다. 이러한 파라미터에는 초기 온도(initial temperature, T0), 최종 온도(final temperature, Tf), 온도제어 파라미터의 감소방법(cooling schedule)등이 있다. 초기 온도는 초기에 이루어지는 대부분의 이동이 수락되도록 충분히 높게 설정되어야 한다. 그러나 지나치게 높은 초기 온도는 SA의 탐색기간이 불필요하게 길어지는 문제가 있으므로 예비 실험을 통해 설정된 수락률(수락된 해 이동 / 총 해 이동) 90% 이상이 되는 최소의 온도를 초기온도로 정하였다. 온도제어 파라미터를 탐색과정에 따라 감소시키는 방법을 쿨링 스케줄이라고 한다. uphill move가 발생하면 쿨링 스케줄에서의 현재온도 T에 1보다 작은 상수 α 를 곱한다. 일반적으로 α 값은 0.9이상으로 설정되는데 사전 실험을 통해 최상의 해를 가지는 $\alpha = 0.95$ 를 쓰기로 한다. 현재의 온도(T)가 최종온도(Tf)보다 낮은 경우나 반복횟수(iter)가 미리 정해진 L보다 큰 경우에는 종료한다.

3.3 사용된 SA 알고리즘

SA 알고리즘은 국소탐색 방법의 문제점을 개선한 알고리즘으로 유전자 알고리즘이나 신경망 학습 등의 분야에서도 폭넓게 쓰이는 방법이다. SA 알고리즘의 기본 형태는 다음 표 1과 같다.

표 1. Simulated Annealing 알고리즘
Table. 1 Simulated Annealing Algorithm

```

begin
Initialize(X, L);
repeat
T := 1.0;
while T > 0.0001 do begin
for i:= 1 to L do begin
Y := Perturb(X);
if exp((C(X) - C(Y)) / kT) > random(0, 1) then X := Y;
end;
Update(T);
end;
until 종료조건;
end.
    
```

내부루프와 외부루프는 다음과 같다. 내부루프는 이동을 미리 정해진 L번의 반복수 동안 행하여 해를 개선하는 과정이고 외부루프는 내부루프를 종료할 때 마다 휴리스틱을 일회 적용하는 단계이다. 즉, 내부루프를 L번 반복한 후 외부루프에서 휴리스틱을 한 번 적용하는데 이 과정을 종료조건만큼 반복한다. 알고리즘의 핵심부분은

```

if exp((C(X) - C(Y)) / kT) > random(0, 1) then X := Y;
    
```

으로 ‘exp((C(X) - C(Y)) / kT)’ 부분이 현재의 측정 데이터를 전송할 것인지를 나타내는 확률이다. 이 때, C(X)는 직전 데이터의 기울기를 나타내며, C(X) = (n-1번째 측정값 - n-2번째 측정값)이다. C(Y)는 현재 데이터의 기울기를 나타내며, C(Y) = (n번째 측정값 - n-1번째 측정값)이다. kT는 상수값으로 0.05를 사용하였다.

3.4 실험 환경 및 평가

실험 환경은 [12]에서 제공하는 Cedar Crest Blvd, Dallas, Texas에서 하루 동안 측정된 Trinity River 유역의 15분 간격으로 측정된 풍속 변화와 Arkansas River 유역

의 1시간 간격으로 측정된 온도 변화를 사용하였다. 그림 1은 데이터간 변화 간격이 급격하게 변하지 않는 특성에 사용할 자료이며, 그림 2는 변화 간격이 급격한 특성에 사용할 실험 데이터이다.

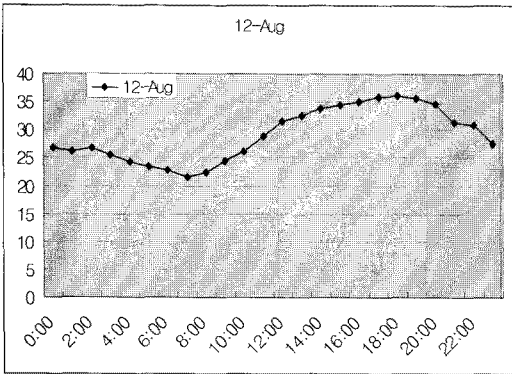


그림 1. Arkansas River 유역의 공기의 온도(섭씨)
Fig. 1 Arkansas River Basin , Temperature, air, (degrees Celsius)

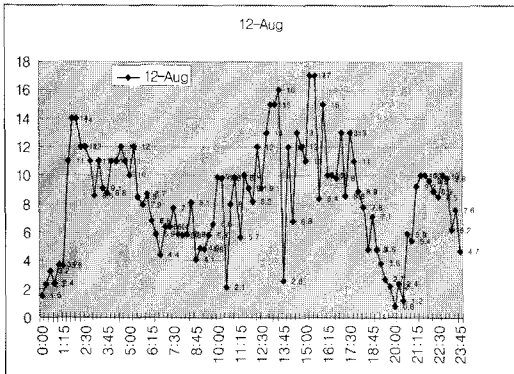


그림 2. Trinity River 유역의 풍속(miles per hour)
Fig. 2 Trinity River Basin, Wind speed (miles per hour)

기울기 측정법과의 비교를 위한 데이터 재현율을 결정하기 위해 식 (2)를 적용하여 기울기 변화 경계값을 1부터 30까지 적용하였다. 그림 3은 1시간 간격으로 측정된 강의 공기 온도 데이터에 식 (2)를 적용한 결과이다. 그림 3에 적용된 기울기 변화율은 비교의 기준을 위해 식 (3)의 데이터 재현율을 적용하여 급격하게 변하기 직전의 데이터 재현율 3을 적용하였다.

$$\Delta s = \frac{|s[n] - s[n-1]|}{s[n]} * 100 \quad (2)$$

(단, s[n]은 n번째 센싱값, s[n-1]은 n-1번째 센싱값)

$$\Delta e = \frac{|real\ Value - calc\ Value|}{real\ Value} * 100 \quad (3)$$

식 (3)의 데이터 재현율이란 실제 센싱된 자료의 전송 여부를 결정하기 위해 여러 알고리즘을 기반으로 계산된 값(calcValue)이 실제 센싱된 데이터(realValue)와의 차이를 나타내는 비율이다. 데이터 재현율이 0%이면 모든 데이터는 전송되어져 신뢰성은 높지만 직전 데이터와 현재 데이터 사이의 변화가 없을 때에도 데이터를 전송하게 되어 배터리를 빨리 소진하게 된다. 그림 3의 데이터 오차율은 실제 측정값 24개 중 12개만을 전송하여 50%를 보였으며, 실험을 통한 재현율 분석 결과 데이터 재현율 4에서는 오차율이 72%에 달했다.

제안 기법의 데이터 재현율을 결정하기 위해 식 (4)를 적용하여 에너지 변화량을 1부터 30까지 적용하였다. 그림 4는 1시간 간격으로 측정된 강의 온도 데이터에 식 (4)를 적용한 결과이다. 그림 4에 적용된 상수 kT는 0.05를 적용하였다.

$$\Delta E = s[n] - s[n-1] \quad (4)$$

(단, s[n]은 n번째 기울기, s[n-1]은 n-1번째 기울기)

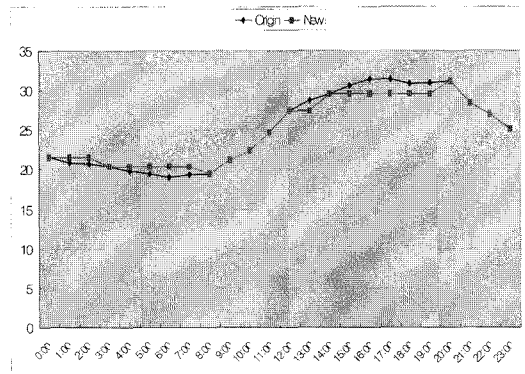


그림 3. Arkansas River 유역의 공기의 섭씨온도 (기울기 측정법)

Fig. 3 Arkansas River Basin, Temperature, air, degrees Celsius (slope method)

그림 4의 데이터 오차율은 실제 측정값 24개 중 17개를 전송하여 30%를 보이고 있다. 그림 5와 6은 측정값 변화가 심한 데이터에 식 (2)와 식 (4)를 각각 적용한 결과이다.

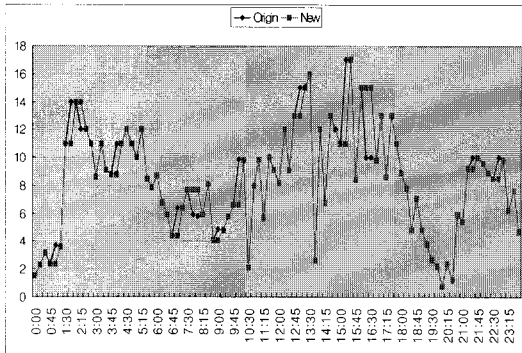


그림 4. Trinity River유역의 풍속(miles per hour) (기울기 측정법)
Fig. 4 Trinity River Basin, Wind speed (slope method)

실험을 통하여 제안된 기법이 데이터 사이의 변화량이 적은 온도 데이터 영역에서 20%정도의 에너지 절약 효과를 보였으며, 데이터 사이의 변화량이 많은 풍속 데이터 영역에서도 6% 정도의 에너지 절약 효과를 보였다.

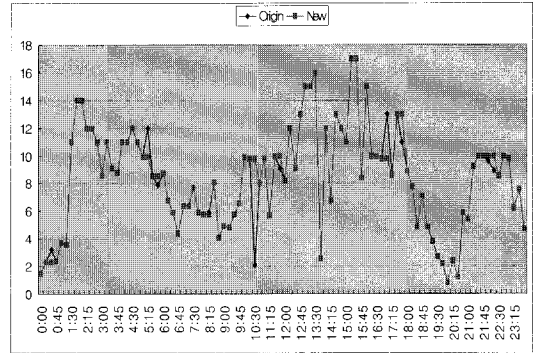


그림 6. Trinity River유역의 풍속(miles per hour) (확률추론 휴리스틱)
Fig. 6 Trinity River Basin, Wind speed (Probabilistic reasoning heuristic)

그림 5의 데이터 오차율은 실제 측정값 96개 중 81개를 전송하여 16%를 보이고 있다. 그림 6의 데이터 오차율은 실제 측정값 96개 중 87개를 전송하여 10%를 보이고 있다.

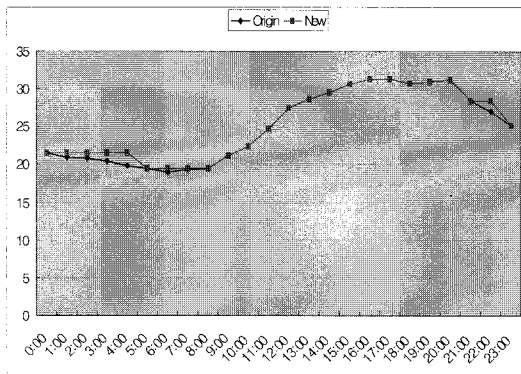


그림 5. Arkansas River 유역의 공기 온도 (확률추론 휴리스틱)
Fig. 5 Arkansas River Basin, Temperature, air, degrees Celsius (Probabilistic reasoning heuristic)

IV. 결 론

센서 네트워크에서 주기적인 데이터 전송 방식은 센서 노드의 비효율적인 에너지 소모는 물론 네트워크 대역폭의 낭비를 초래한다. 본 논문에서는 센싱된 데이터의 송신에 소비되는 에너지를 개선하기 위해 센싱 데이터의 변동 특성에 실시간 적용하여 확률적 계산값이 임의의 랜덤값보다 클 경우 기지국 노드로 전송하는 확률추론 휴리스틱기반 비주기적 전송 방법을 제안하였다. 제안한 전송 방법에서는 확률추론 휴리스틱 알고리즘에 따라 센싱된 데이터와 직전 센싱된 데이터를 확률적으로 평가하여 추론된 결과에 따라 전송 여부를 결정한다. 확률추론에 사용되는 상수값은 실험용 데이터에 알고리즘을 적용하여 데이터 재현율이 급격히 변할 때의 경계값을 적용하여 데이터 변화의 민감도를 적절히 유지하도록 하였다. 또한 수식의 적응성을 확인하기 위해 데이터간 변화량이 적은 온도 데이터와 데이터간 변화량이 큰 풍속 데이터에 각각 적용하여 데이터 변화에 적응함을 확인하였다.

참고문헌

저자 소개

[1] [sai04] H. Saito and H. Minimi, "Performance Issues and Network Design for Sensor Networks", IEICE Trans. On Commun., vol.E87-B, no. 2, pp. 294-301, Feb. 2004

[2] [gen03] D. Ganesan, A. Cerpa, W. Ye, Y. Yu, J. Zhao, and D. Estrin, "Networking Issues in Wireless Sensor Networks", Journal of Parallel and Distributed Computing(JPDC), Special issue on Frontier in Distributed Sensor Networks, Dec. 2003.

[3] www.xbow.com

[4] www.maxfor.co.kr

[5] www.octacomm.net

[6] F. Ye et al, "PEAS: A Robust Energy Conserving Protocol for Long-Lived Sensor Networks," in Proc. IEEE, Int'l Conf. Network Protocols (ICNP 2002), IEEE, CS Press, pp. 200-201. 2002.

[7] D. Tian and N. D. Georganas, "A Node Scheduling Scheme for Energy Conservation in Large Wireless Sensor Networks.," in Wireless Communications & Mobile Computing Journal, 2003.

[8] Ankur Jain and Edward Y.Chang, "adaptive sampling for sensor networks", in Proceedings of the 1st international workshop on Data management for sensor networks (DMSN '04), 2004.

[9] A. D. Marbini and L. E. Sacks, "Adaptive Sampling Mechanisms in Sensor Networks.," in London Communications Symposium, UK, 2003.

[10] Dantu, R., Abbas, K., O'Neill, M., II and Mikler, A., "Data centric modeling of environmental sensor networks", Global Telecommunications Conference Workshops, GlobeCom Workshops, 2004.

[11] 임근수, 박정태, 고건, "무선센서네트워크를 위한 네트워크 환경에 적응하는 신뢰성 있는 전송 규약, 한국정보과학회 2003추계학술대회, Vol.30 No.1. 2003.

[12] <http://www.ecoplex.unt.edu>



김강석(Gangseok Kim)

2002년 제주대학교 정보공학과 학사, 석사, 박사수료

1996년~현재 제주관광대학 관광멀티미디어정보과 겸임교수

2003년~현재 미래텔레콤(주) 부설연구소 선임연구원
※관심분야: RFID/USN, 상황인지 컴퓨팅, 모바일 에이전트



이동철(Dong-cheol, Lee)

2002년 2월 성균관대학교 대학원 산업공학과 박사

2003년~현재 제주대학교 경영정보학과 부교수

※관심분야: 전자상거래, Agent, RFID/USN, 디지털콘텐츠, MIS