

## 무선 센서 네트워크를 위한 효율적인 원격코드설치 기법에 관한 연구

이한선<sup>o</sup> 이정민 정광수 최웅철 이승형  
광운대학교 전자공학부

{hslee<sup>o</sup>, jmlee}@adams.kw.ac.kr, {kchung, wchoi, srhee}@daisy.kw.ac.kr

### A Study on the Efficiency Remote Code Update Scheme for Wireless Sensor Networks

Hansun Lee<sup>o</sup>, Jungmin Lee, Kwangsue Chung, Woongchul Choi, Seunghyoung Rhee  
School of Electronics Engineering, Kwangwoon University

#### 요 약

최근 무선 센서 네트워크에서 원격코드설치를 위한 신뢰적인 전송 프로토콜에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 센서 네트워크는 한정된 에너지를 가지기 때문에 에너지 소모를 줄이기 위한 NACK 기반의 전송 프로토콜로 설계된다. 하지만, NACK 기반의 프로토콜은 패킷손실 이벤트 전달을 막기 위해 전송을 멈추고 에러복구를 하기 때문에 코드 전송시간을 증가시키게 되고 센서 네트워크의 수명을 줄이게 된다. 본 논문은 센서 네트워크에서 신속한 원격코드설치를 위해 NACK 억제 기법을 제안한다. 또한, ns-2 시뮬레이터를 이용한 실험을 통해 코드 전송시간이 제안된 기법에 의해 향상되었음을 확인하였다.

#### 1. 서 론

오늘날 무선 센서 네트워크는 폭 넓은 연구와 개발이 진행되고 있다. 센서 네트워크는 다수의 소형 센서 노드들을 사용하여 환경의 변화, 수질오염, 지진활동, 건물의 구조적 상태 등을 감시하는데 사용한다. 이런 센서 노드는 CPU 성능, 좁은 대역폭, 제한된 에너지 공급 등의 많은 제한을 가진다.

센서 노드는 한번 배치되면 사람의 간섭 없이 오랜 기간 동안 동작하게 된다. 실제로 물리적으로 달기 힘들거나(나무 꼭대기) 정보를 수집에 피해를 주는(동지 안) 몇몇의 노드 회수 시나리오가 있지만, 이런 어려움에도 실행중인 소프트웨어를 추가 혹은 업그레이드할 필요가 있다. 환경의 수집된 정보가 완벽하지 않아 회수하지 않고는 완벽한 동작의 수행이 불가능한 경우, 센서 네트워크의 사용자는 새로운 기능을 노드에 추가하기 위한 원격코드설치 기법이 요구된다. 이런 이유로, 원격코드설치는 네트워크의 실용성을 제공하고, 소프트웨어의 유지보수와 디버깅이 가능하게 한다. 부가적으로, 큰 규모의 네트워크도 인위적인 코드설치과정을 자동화할 수 있다. 큰 규모의 네트워크를 위해서는 멀티홉 전송기법을 필요로 한다 [1].

원격코드설치에서 코드 단편의 손실은 재설치 동작에서 실패를 야기하기 때문에 신뢰적인 전송 프로토콜을 필요로 한다 [2]. 센서 네트워크 노드는 데이터 전송과정에서 wake-up 상태로 동작하고 이위는 sleep

\* 본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업의 일환으로 추진되고 있는 정보통신부의 유비쿼터스컴퓨팅및네트워크원천기반기술개발사업의 지원에 의한 것임

상태로 에너지 소모를 최소화하게 되는데, 원격코드설치는 전체 네트워크에서 진행되고 설치를 완료하기까지 적지 않은 시간이 걸리기 때문에 설치과정동안 모든 노드는 wake-up 상태로 동작하게 되므로 많은 에너지를 소모하게 되고, 결과적으로 네트워크의 수명을 줄이게 된다. 따라서 원격코드설치는 신속히 진행해야 한다.

본 논문에서는 NACK 기반의 원격코드설치 프로토콜에서 신속한 전송을 위한 NACK 억제 기법을 제시하고, ns-2 시뮬레이터를 이용한 실험을 통해 제안된 프로토콜의 성능을 검증한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서 원격코드설치를 위한 신뢰적인 전송 프로토콜인 PSFQ에 대해 살펴본 후, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 NACK 억제 기법에 대해 설명한다. 4장에서는 제안한 NACK 억제 기법의 성능 평가를 위한 실험과 5장에서는 결론 및 향후 과제에 대해 기술한다.

#### 2. 관련 연구

새로운 코드를 설치하기 위한 휴먼 신뢰적인 전송 프로토콜인 PSFQ(Pump Slowly, Fetch Quickly)는 느린 속도로 데이터 전송을 하는 Pump 동작과 NACK 기반으로 빠른 속도로 에러복구를 하는 Fetch 동작으로 구분할 수 있다.

Pump 동작은 최소 전송지연시간  $T_{min}$ 과 최대 전송지연시간  $T_{max}$ 를 가지고, 둘 사이의 임의의 시간으로 이웃노드에 패킷을 브로드캐스트 한다. 전송지연시간을 가짐으로써 빠른 Fetch 동작을 가능하게 한다.

Fetch 동작은 순차번호의 차이가 발생한 경우 실행되어 이전노드로 NACK 메시지를 전송한다. 여전히 순차번호의 차이가 존재하는 경우 에러복구 간격  $T_r(<T_{max})$  시간마다

NACK를 발생한다.

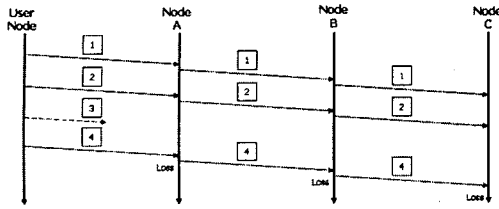


그림 (1). 패킷손실 이벤트 전달

그림 (1)은 패킷손실 이벤트 전달의 예를 보여주고 있다. 패킷손실 이벤트는 Fetch 동작을 실행하고 에러복구를 시도하게 되는데, 노드 B와 C의 이웃노드는 손실된 패킷을 가지고 있지 않기 때문에 에러복구를 하지 못하고 Fetch 동작은 소용없게 된다. PSFQ는 이러한 불필요한 에너지 낭비를 방지하기 위해 데이터 저장으로 순차적 전송을 보장한다 [2]. 하지만, 손실된 패킷이 완전히 복구될 때 까지 기다리기 때문에 코드 전송시간을 증가시키게 된다.

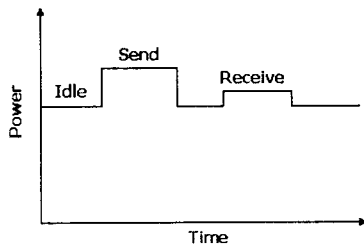


그림 (2). 패킷 송수신 소모 에너지

그림 (2)와 같이 송수신 시 에너지 소모뿐만 아니라 Idle 상태에도 많이 에너지가 소모되기 때문에, 신속한 패킷 송수신 후 sleep 상태로 천이하여야 한다 [3].

### 3. NACK-Suppression

PSFQ는 순차적 전송을 보장함으로써 연속적인 순차번호 일 경우만 이웃노드로 중개하게 된다. 순차번호의 차이가 발생한 경우 손실된 패킷이 완전히 복구될 때 까지 기다리게 되고, 이로 인해 신속하지 못한 패킷 전송과 네트워크 사용률을 감소시키는 경향이 있다. 이러한 PSFQ의 문제점을 해결하기 위해 선택적으로 NACK를 억제하는 알고리즘을 제안한다.

```

Receiving Data(RcvdSeqnNo, NackPossibility):
  if WishSeqnNo = RcvdSeqnNo
    Pump
  else
    if NackPossibility is AllowNack
      Fetch
    end if
    Pump_noNack
  end if
    
```

그림 (3). 선택적인 NACK 억제 알고리즘

신속한 패킷전송을 위해 그림 (3)와 같이 순차적인 패킷을 수신한 경우 NACK를 허용하여 Pump 동작을 실행하고, 순차번호의 차이가 발생한 경우 NACK를 금지하여 패킷을 전송을 전송한다. NACK를 금지하는 패킷을 수신하였을 경우 순차번호의 차이가 발생하여도 Fetch 동작을 하지 않는다. 하지만 패킷을 계속적으로 전달하게 된다. NACK를 허용하는 패킷을 수신하였을 경우 원격코드설치를 위한 버퍼에서 손실된 패킷을 검사하고 NACK를 통하여 에러복구를 하게 된다.

새로운 PSFQ의 동작과정은 그림 (4)과 같다.

위와 같이 선택적인 NACK 억제를 이용하여 신속한 패킷 전송과 네트워크 사용률을 증가시킴으로써 빠르게 코드를 전송할 수 있고, 결과적으로 원격코드설치를 위한 네트워크의 에너지 소모를 줄일 수 있다.

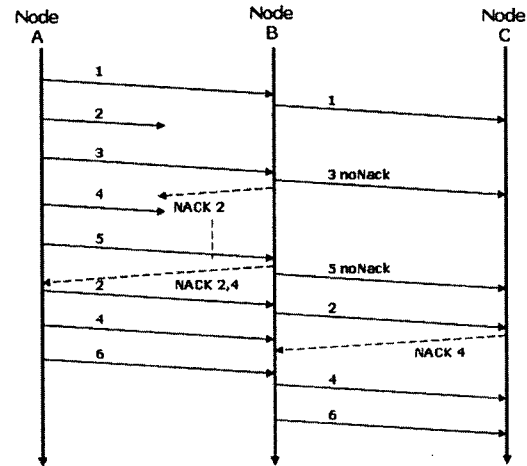


그림 (4). New-PSFQ 동작과정

### 4. 실험 및 성능 평가

#### 4.1 실험 환경

본 논문에서 제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 버클리 대학의 ns-2(Network Simulator)를 이용하여 실험을 하였다 [4]. 손실률에 따른 코드 전송시간과 에너지 효율을 실험하기 위하여 그림 (5)와 같은 토폴로지를 갖는 환경을 구성하여 실험하였다.

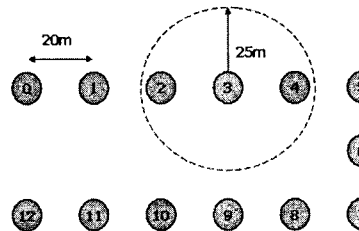


그림 (5). 실험 환경

그림 (4)는 100m x 100m의 공간에 20m 간격으로 노

드를 위치하고 전송 범위는 25m, 2Mbps의 대역폭과 10ms의 지연시간을 갖는 simple CSMA/CA를 사용하여 센서 네트워크를 구성하였다. 사용자 노드 0은 2.5KB의 코드를 50bytes의 50개의 패킷으로 나누어 전송한다. 타이머 값으로 Tmax, Tmin, Tr을 각각 100ms, 50ms, 20ms로 한다.

#### 4.2 성능 실험

그림 (6)은 채널 에러에 의해 패킷손실이 발생하는 환경에서 PSFQ와 제안한 알고리즘이 적용된 PSFQ-NS의 코드전송시간을 실험한 결과로, NACK 억제 기법을 사용한 경우 신속한 코드전송시간을 보여주는 것을 확인할 수 있다. 에러율이 60% 이상인 경우 코드전송시간의 차이가 적은 것을 볼 수 있는데, 패킷손실로 인해 NACK 억제로 전송된 패킷의 전송 횟수가 작기 때문이다.

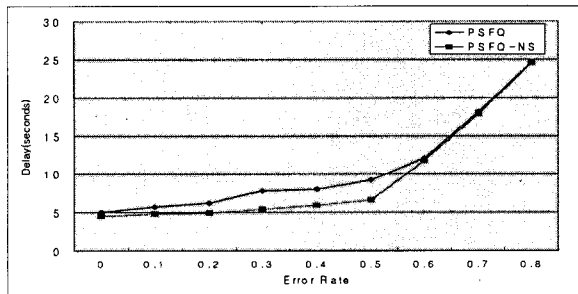


그림 (6). PSFQ와 PSFQ-NS의 코드전송시간 비교

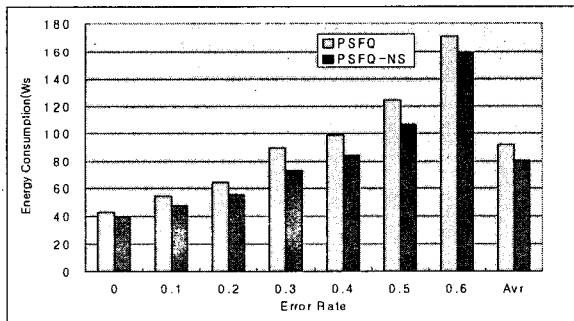


그림 (7). PSFQ와 PSFQ-NS의 에너지 소모량

또한 그림 (7)은 채널 에러율에 따른 에너지 소모량을 나타내는 그림으로써, NACK 억제 기법을 적용한 PSFQ가 PSFQ보다 더 적은 에너지를 소모하는 것을 확인할 수 있다.

#### 5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 기존 NACK 기반의 원격코드설치 프로토콜의 신속하지 못한 패킷전송과 낮은 네트워크 사용률을 지적하고 신속한 패킷전송을 위한 NACK 억제 기법을 제안하였다. 실험에서 NACK 억제 기법을 적용한 PSFQ는 신속한 코드전송시간을 나타낸다. 또한 에너지 소모 측면에서 PSFQ보다 적은 에너지를 소모하는 것을 확인할 수 있다.

향후 과제로는 NACK 억제 기법을 적용한 에너지 효율적인 전송 프로토콜에 대한 연구가 수행될 것이다.

#### 참고 문헌

- [1] T. Stathopoulos, J. Heidemann and D. Estrin, "A Remote Code Update Mechanism for Wireless Sensor Networks," Technical Report CENS-TR-30, University of California, Los Angeles, Center for Embedded Networked Computing, November, 2003.
- [2] C.Y. Wan and A.T. Campbell, "PSFQ: A Reliable Transport Protocol For Wireless Sensor Networks," ACM WSNA'02, September 2002.
- [3] L. Feeney and M. Nilsson, "Investigating the Energy Consumption of a Wireless Network Interface in an Ad Hoc Networking Environment," In Proceedings of IEEE INFOCOM, 2001
- [4] The Network Simulator-2,  
<http://www.isi.edu/nsnam/ns/>