

무선 센서 네트워크에서의 동적 그룹화 메커니즘

박광채*, 김현열**, 배철수***

A Dynamic Grouping Mechanism in Wireless Sensor Networks

Kwang-Che Park*, Hyon-Yul Kim**, Cheol-Soo Bae**

요약

최근 센서의 응용 분야가 다양해지면서, 센서 네트워크의 신뢰성에 관한 관심이 증대되어왔다. 본 논문에서는 송신 센서노드로부터 싱크노드까지의 데이터 전송에 있어 신뢰성을 보장하며 에너지 효율을 극대화하는 방법을 제안한다. 제안 기법은 전송 경로에 있는 노드들을 임시적으로 그룹화 하여 그룹 내에서는 end-to-end ACK 시스템을 사용하고, 그룹 간 통신에는 Hop-by-Hop ACK 시스템을 사용한다. 제안된 기법은 기존에 제안된 다양한 라우팅 기법들에 추가적으로 적용 할 수 있는 방법으로, 네트워크 수명을 연장시키며 신뢰성을 보장한다.

ABSTRACT

In recent years, many applications in WSN have increasingly interested in data transfer reliability. In this paper, we propose a dynamic grouping transfer mechanism which maintains both reliability and energy efficiency in transmission from a source to a sink. The proposed scheme considers channel error of each node. Then it uses an end-to-end ACK transmission in a group and a hop-by-hop ACK transmission between groups. Consequently this mechanism minimize the cost of packet transfer along with enhancing the network lifetime and reliability.

키워드 WSN, Wireless Sensor Networks, Reliability

1. 서론

무선 네트워크와 통신장비의 기술발전은 저용량 배터리로 운용 가능한 저가의 다기능의 센서 노드들의 발달을 가능하게 했다. 소형이며 단거리 무선 통신이 가능한 센서 노드들은 군사, 보안, 환경, 고립지역의 정보 수집 등의 분야에 광범위하게 사용되며, 일반적으로 한번 배치되면 사람이 직접적으로 관리하기 어려운 환경에 방치된다[1, 2]. 이러한

센서 노드들의 특징으로 인해 배터리는 교환되거나 충전 될 수 없다고 가정한다. 즉, 센서노드의 근본적인 특징인 소용량 에너지와 메모리 용량은 다양한 센서 네트워크 기술 발전에 제약사항으로 자리 잡고 있어, 기존의 연구들은 주로 센서 노드들의 에너지 소비를 최소화함으로써 전체 네트워크의 수명을 연장시키는데 초점을 맞추어왔다[3, 4].

하지만, 최근에는 응용 분야가 다양해지면서, 센서 네트워크의 기능이 단순한 모니터링 수준에 그

* 조선대학교 전자공학과 교수

** 관동대학교 전자통신공학과 박사과정

*** 교신저자 : 관동대학교 의료공학과 교수

접수일자 : 2013년 10 월 10 일, 수정일자 : 2013년 11 월 11 일, 심사완료일자 : 2013년 12 월 10 일

치지 않고 스스로 제어기능을 가지는 하나의 어플리케이션으로 발전하고 있다. 이러한 측면에서 그동안 다소 초점에서 제외되어왔던 데이터 전송 신뢰성에 대한 관심이 증가되고 있다[2, 5].

본 논문에서는 그 동안 많은 연구들을 기반으로 하여 최적의 라우팅 경로가 설정 되었다고 가정하고, 센서 네트워크의 수명을 연장 시키면서 데이터 전송 신뢰성을 확보 할 수 있는 기법을 제안한다. 네트워크 수명연장과 신뢰성이라는 두 가지 조건을 만족하기 위해 유선과 무선에서 사용하는 전송기법을 혼용한 동적 그룹화 기법을 사용한다. 본 논문의 나머지 부분인 2장에서는 신뢰성 확보를 위한 기존의 연구들을 살펴보고, 3장에서는 제안기법인 동적 그룹화를 이용한 신뢰성 확보 기법을 설명한다. 마지막으로 4장에서는 결론과 향후 연구 방안을 제시한다.

II. 본 론

노드 간 신뢰성 있는 전송을 달성하기 위해서는 몇 가지 고려사항이 있다. 전송 데이터의 종류에 따라, 중요한 데이터를 전송하는 단 하나의 패킷 전송, 새로운 코드를 유포하기 위한 패킷 블록 전송, 주기적인 데이터 보고를 위한 패킷 스트림 전송 등으로 구분할 수 있다. 이러한 각각의 데이터와 어플리케이션의 종류에 따라 전송 신뢰성을 보장하는 방법은 달라 질 수 있다[5]. 아주 중요한 데이터의 경우에는 전송 결함을 허용하지 않는 방법을 채택하여야하며, 유사한 데이터의 반복적인 전송과 같은 경우에는 약간의 결함을 허용 할 수도 있다. 일반적으로 전송 확실성이 높아질수록 에너지 소모 비율도 높아진다고 볼 수 있으며, 센서 노드에서 싱크노드, 싱크노드에서 센서노드, 센서노드에서 다른 센서노드로의 모든 경우를 구분하여 고려해야한다.

본 논문에서는 단 하나의 중요한 데이터 패킷을 신뢰성을 보장 받으면서 가장 효율적인 방법으로 싱크노드까지 전송하는 기법을 다루며 관련연구도 하나의 패킷을 전송하는 기존의 연구를 주로 살펴본다.

1. end-to-end와 hop-by-hop ACK 시스템

일반적으로 전송 신뢰성을 위한 방법으로는 재

전송 방법이 있다. 하나의 패킷 전송에서 데이터 패킷 에러가 발생하면 재전송 노드는 타이머를 사용하여 재전송을 수행하고 수신노드는 ACK 메시지를 사용한다.

먼저 hop-by-hop ACK 시스템을 살펴보면 하나의 노드가 데이터 패킷을 전송할 때 MAC 계층의 ACK 메시지를 기다린다. 타이머 셋팅은 단 하나의 홉 간 지연시간만을 고려하면 된다. 하지만

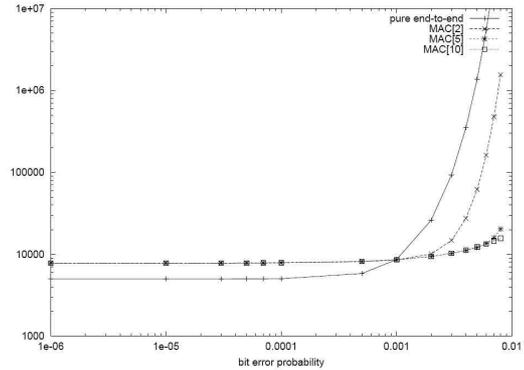


그림 1. end-to-end ACK 시스템과 MAC계층의 재전송 시스템의 에너지 소비 비교

아주 좋은 전송 채널을 제외하고는 작은 데이터 패킷에 대한 ACK 메시지조차도 상당한 오버헤드를 만들어낸다.

다음으로 end-to-end ACK 시스템을 살펴보면, 송신 노드는 싱크노드로부터 ACK 메시지가 올 때까지 패킷정보를 버퍼에 저장하고 있어야하며, 타이머 셋팅에 있어서는 홉 수와 홉 간 지연시간을 고려해야한다.

타이머 셋팅 문제보다는 에러 발생률이 에너지 효율문제에 더 깊은 관여를 한다는 것을 그림 1을 보면 알 수 있다[5]. 그림 1은 총 10개의 홉 간 전송과정 중 순수 end-to-end 시스템과 재전송 기법을 혼용한 end-to-end 시스템의 에러율에 따른 에너지 소비율을 비교한 것으로 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다. 즉, 에러율이 낮은 채널에서는 end-to-end ACK 시스템을 사용하는 것이 에너지 효율적이며, 에러율이 높은, 즉 어떤 임계값을 넘는 채널에서는 end-to-end ACK 시스템이 오히려 비효율적이 될 수 있으며, 지속적으로 재전송을 하는 hop-by-hop ACK 시스템이 더 효율적임을 보여주고 있다.

결론적으로는 동적으로 변화 가능한 전송 방법이 필요하며, 본 논문에서는 채널 에러율에 따라 동적으로 변화 가능한 전송 방법을 제안하고자 한다.

2. 신뢰성 확보 기법들

본장에서는 기존의 신뢰성확보를 위한 전송 기법들을 살펴본다. 먼저, HHR(hop-by-hop Reliability)[6] 기법은 같은 내용의 패킷을 중복해서 전송하는 방법으로 신뢰성 확보를 위해 유니 캐스트로 다음 노드에게 중복해서 패킷을 전송한다. 중복 패킷의 수는 예상되는 홉 간 에러율과 데이터 중요도, 싱크노드까지의 홉 수에 따라 결정된다.

또한, HHRA[6] 기법은 홉 간 ACK 메시지가 도착할 때 까지 계속해서 중복 패킷을 전송하는 기법으로 에러율이 낮은 채널에서는 HHR 기법보다 성능이 떨어지지만 에러율이 높은 채널에서는 보다 좋은 성능을 가진다. 하지만 두 방법 모두 이상적인 방법이라고는 할 수 없다, 에러율이 낮은 이상적인 채널에서는 필요이상의 자원을 낭비하여 에너지 소모를 증대시키기 때문이다.

전송 신뢰성을 확보하기 위한 SPEED[7], MMSPEED[8]방식은 이웃노드에 대한 정보를 이용하여 싱크노드까지의 전달 시간을 추정하여 경로를 선택하는 방법이며, Directed Diffusion[9]방식은 Interest 패킷을 전파하여 지연시간이 가장 짧은 경로를 선택하는 방법이다. 이러한 방법들은 전송 경로상의 중간 노드들의 에러율을 전혀 고려하지 않기 때문에 재전송에 필요한 에너지 소비율이 증가할 것이다. 또한 이웃노드 간의 에러율을 고려하여 재전송 횟수를 줄이는 전송 경로를 선택하는 방법도 제시되었다[10].

III. 가변적 그룹화를 이용한 신뢰성확보 기법

유선 네트워크에서 사용하는 end-to-end ACK 시스템을 그대로 사용하기에는 센서네트워크에는 제약사항이 많다. 전송 신뢰성을 확보하기 위해서는 몇 가지 센서네트워크의 근본적 특징을 고려해야한다. 첫째, 네트워크의 수명 연장을 위해 에너지 소모를 최소화 하여야한다. 둘째, 각 노드들의

균등한 에너지 소모를 유도해야한다. 셋째, 유선에 비해 높은 전송 에러율을 고려하여 전송 방법을 채택해야한다. 본 장에서는 센서노드들의 에러율에 따라 동적으로 그룹화를 함으로써 최소한의 에너지 소비를 유도하며 신뢰성을 확보 할 수 있는 전송 기법을 제안한다.

1. 데이터 전송 비용과 에러복구 비용 산출

센서 노드들의 특성상 데이터 및 ACK 메시지 전송은 센서 노드의 배터리를 소모시키는 주요 요인이다. 본장에서는 센서 노드들에 에러가 발생했을 시 추가적으로 발생하는 비용을 산출한다. 먼저 종 단간 ACK 시스템과 홉 간 SYN-ACK 시스템에서 데이터 전송 시 발생하는 비용을 산출하고, 에러 발생 시에 각 노드의 위치에 따라 변경되는 에러 복구비용을 산출한다.

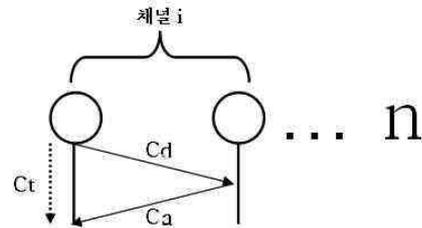


그림 2. 홉 간 전송 비용

1.1 end-to-end ACK 시스템의 전송 및 에러복구 비용

그림 2에서처럼, 하나의 패킷 전송 시 에러가 발생하지 않았을 경우, 센서 노드 간 데이터 전송 비용을 Cd(Cost of Data Transmission)라 정의하면, Ca(Cost of ACK Message)는 ACK메시지에 대한 비용이며, Ct(Cost of Transmission Time)는 데이터 전송과 ACK 메시지 전송에 대한 시간비용이라 정의한다.

에러가 발생하지 않았을 경우, n개의 노드로 구성된 데이터 전송 경로의 총 데이터 전송비용은 $(n-1)*Cd$ 이며 총 ACK 메시지 비용은 $(n-1)*Ca$, 총 전송시간비용은 $2*(n-1)*Ct$ 로 정의 할 수 있다. 하지만, 싱크노드까지의 전송비용만을 생각하면 $(n-1)*Cd$ 와 $(n-1)*Ct$ 로 에러가 발생하지 않는 네트워크에서는 이상적인 전송 방법이다.

i번 째 채널에서 데이터 전송 에러가 발생한다

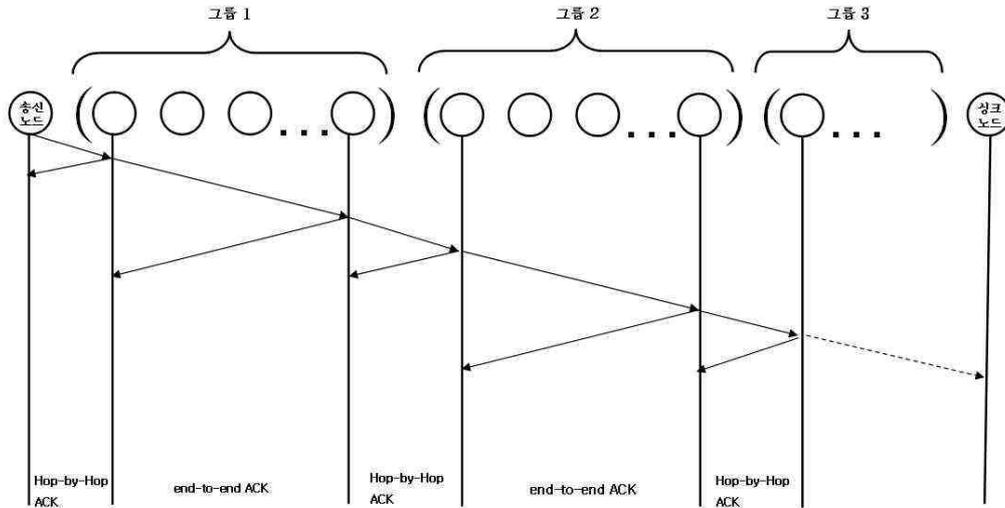


그림 3. 그룹정책과 전송정책

면, 추가적으로 소요되는 전송비용 $i \cdot Cd$ 와 추가 전송 시간 $2 \cdot (n-1) \cdot Ct$ 그리고 timeout에 의한 초과 시간 Δt 이다. 또한, i 번 째 채널에서 ACK 메시지 에러 발생 시 추가적으로 발생하는 비용은 전송비용 $(n-1) \cdot Cd$ 와 추가 전송시간 $(n-i) \cdot Ca$, $2 \cdot (n-1) \cdot Ct$ 그리고 timeout에 의한 초과시간 Δt 이다.

즉, 데이터 전송 에러 발생 시 에러 복구에 필요한 비용을 Rd (Recovery Cost of Data Transmission Error), ACK 메시지 에러 발생 시 복구에 필요한 비용을 Ra (Recovery Cost of ACK Message Error)라 하면 다음과 같이 정의 된다. 또한, 종 단간 ACK 시스템에서는 데이터 전송 에러와 ACK 메시지 에러가 동시에 발생 할 수 없기 때문에 고려하지 않는다.

$$Rd = i \cdot Cd + 2(n-1) \cdot Ct + \Delta t$$

$$Ra = (n-1) \cdot Cd + (n-i) \cdot Ca + 2(n-1) \cdot Ct + \Delta t$$

위의 공식으로 유도되는 결과를 분석하면, 종 단간 시스템에서 데이터전송에러는 i 값이 증가함에 따라, 즉 싱크노드에 가까워지는 지점에서 발생 할수록 복구비용은 증가하며, ACK 메시지 에러는 송신노드에 가까운 지점에서 발생 할수록 복구비용이 증가한다. 또한, n 값이 증가함에 따라, 즉 전

송 홉 수가 증가 할수록 에러 복구비용은 증가한다. 결론적으로, 종 단간 시스템은 에러가 발생하지 않는다는 가정에서 사용할 수 있는 시스템으로, 너무 많지 않은 수준의 홉 수를 가지며 에러 발생률이 현저히 낮은 네트워크에서 이상적으로 동작할 수 있는 방법이다.

1.2 hop-by-hop ACK 시스템의 전송 및 에러 복구 비용

유선 네트워크--hop-by-hop ACK 시스템에서 에러가 발생하지 않았을 경우, end-to-end 시스템과 마찬가지로 전송 비용을 Cd 라 정의하면, Ca 는 ACK메시지에 대한 비용이며, Ct 는 전송시간비용을 의미한다.

에러가 발생하지 않았을 경우, n 개의 노드로 구성된 데이터 전송 경로의 총 데이터 전송비용은 $(n-1) \cdot Cd$ 이며 총 ACK비용은 $(n-1) \cdot Ca$, 총 전송시간비용은 $n \cdot Ct$ 로 정의 할 수 있다. 하지만, 싱크노드까지의 전송비용만을 생각하면 $(n-1) \cdot Cd$ 와 $(n-1) \cdot Ca$, $n \cdot Ct$ 로 에러가 발생하지 않는 네트워크에서는 자원을 효율적으로 사용하지 못하는 방법이다.

만약 i 번 째 채널에서 데이터 전송 에러가 발생한다면, 추가적으로 소요되는 비용은 재전송 데이

터 Cd와 전송시간 2*Ct와 timeout에 의한 초과시간 Δt이다. 또한, i번 째 채널에서 ACK 메시지에러발생 시 추가적으로 발생하는 비용은 재전송 데이터 Cd와 ACK 메시지 Ca, 전송시간 2*Ct와 timeout에 의한 초과시간 Δt이다.

hop-by-hop ACK 시스템에서는 데이터 전송에러와 ACK메시지 에러가 동시에 발생 할 수 있다. 이런 경우에 발생하는 에러 복구비용은 다음과 같다. 두 개의 재전송 데이터 2*Cd, 1개의 ACK메시지 Ca, 그리고 전송시간 2*Ct, timeout에 의한 초과시간 Δt이다.

즉, 홉 간 SYN-ACK 시스템에서의 Rd(Recovery Cost of Data Transmission Error)와 Ra(Recovery Cost of ACK Message Error), Rda(Recovery Cost of Data Transmission and ACK Message Error)값은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} Rd &= Cd + 2 * Ct + \Delta t \\ Ra &= Cd + Ca + 2Ct + \Delta t \\ Rda &= 2Cd + Ca + 2Ct + \Delta t \end{aligned}$$

즉, 홉 간 ACK 시스템은 채널의 위치에 상관없이 에러복구 비용이 일정하게 소요되며 주로 에러가 빈번하게 발생하는 네트워크에서 사용해야하는 전송 방법이다.

2. 가변적 그룹화를 이용한 신뢰성 확보기법 제안

데이터 전송을 시작하는 송신 노드와 최종적으로 데이터를 처리하는 싱크노드사이에는 시간 흐름에 따라 위상이 가변적인 노드들이 존재한다. 센서 네트워크의 생성 초기에는 주기적으로 데이터를 송수신하는 일정한 수의 중간 노드들이 존재하겠지만, 특별한 이벤트가 특정 지역에서 발생 했을 경우나 중간 노드의 일부가 물리적 손상을 입어 동작을 하지 못하는 경우에는 다른 형태의 데이터 전송 경로가 형성 될 것이다. 즉, 방치된 상태로 운용되는 센서 노드들의 특성상 네트워크의 수명이 다하게 될 때 까지 센서 노드간의 통신 경로는 많은 수정을 거치게 될 것이다. 또한, 이러한 점은 센서 네트워크의 응용분야에 따라 통신 경로의 유

동성에 차이를 보일 것이다.

본 장에서는 센서 네트워크의 특성상 가변적인 위상을 가지는 노드들을 그룹화 함으로써 다양한 응용분야에 존재하면서 다양한 에러율을 가지는 센서 네트워크에 동적으로 적용 가능한 전송 기법을 제안한다.

2.1 가변적 그룹화와 전송 정책

송신 노드와 싱크노드 사이에 최적의 라우팅 경로가 설정되었다고 가정하고, 또한 전송 경로에 위치하고 있는 각각의 노드들은 자신과 이웃 노드와의 채널 전송 에러율 정보를 유지한다고 가정한다.

2.1.1 그룹 정책

(1) 그림 3에서처럼, 송신 노드에서 전송을 시작함과 동시에 첫 번째 그룹을 생성하며, 일정 수준의 에러율을 초과하는 이웃 노드를 만나면 그룹가 입을 차단하고 새로운 그룹을 생성 할 수 있다. 하지만, 연속적인 다수의 노드들이 전송 에러 임계값 이하를 유지 한다면, 하나의 그룹에 다수의 노드들이 포함되고 최악의 경우에는 전송경로 상에 존재하는 모든 노드들이 하나의 그룹에 포함되는 상황이 발생 할 가능성이 있다. 이러한 상황은, 전송 경로 전체가 end-to-end ACK 시스템이 되는 상황으로, 만약 전송요류가 발생한다면 에러 회복 비용이 크게 증가되는 악영향을 미친다.

(2) 위와 같은 상황을 방지하기 위해 그룹에 가입하는 노드들의 채널 에러율을 합산하여 그 합산 결과 값이 임계값을 초과하면 더 이상의 그룹 멤버 가입을 차단하고 새로운 그룹을 생성하는 방법을 채택한다. 다시 말해, n개의 노드로 구성된 라우팅 경로에서 채널 에러율(Error Ratio)을 'e'라 하면, i 번째 채널의 에러율은 e_i 이라 표기할 수 있으며, i 번째 채널부터 n-1번째 채널까지의 에러율의 합 $e_{i, n-1}$ 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$e_{i, n-1} = \sum_{i=1}^{n-1} e_i$$

즉, $e_{i, n-1} < \lambda$ (임계값)이면 추가되는 노드를 그룹에 가입시키고, $e_{i, n-1} \geq \lambda$ 이면 그룹 가입

을 차단하고 새로운 그룹 생성한다.

(3) 첫 번째 그룹의 마지막 멤버와 두 번째로 생성된 그룹의 첫 번째 멤버는 전송 에러율이 높은 상태를 유지할 것이며, 두 번째 그룹은 새로운 멤버들을 첫 번째 그룹과 같은 방법으로 추가 한다, 이러한 방법으로 송신노드부터 싱크노드까지 그룹화를 반복 수행하여 그룹화 작업을 마친다.

2.1.2 전송 정책

(1) 위와 같은 그룹 정책으로 생성된 그룹들은 그룹 내 전송 에러율이 최소화된 상태를 유지하며, 그림 3에서처럼 그룹 내 통신은 end-to-end ACK 시스템을 사용한다. 이는 센서 네트워크에서 신뢰성이 확보된 그룹을 의미하며 end-to-end ACK 시스템을 사용해도 에러 발생 확률이 극히 적다는 것을 의미 한다. 에러율이 현저히 낮은 센서 네트워크에서는 end-to-end ACK 시스템의 성능이 월등이 우수하다는 것은 이미 관련연구에서 살펴보았다.

(2) 그룹 간 통신에서는 에러 발생 확률이 높은 노드들 간의 통신이기 때문에, 통신방법은 hop-by-hop ACK 시스템을 사용하여 에러 발생에

```
//n개의 노드로 구성된 라우팅 경로에서
for(i = 1; i < n ; i++)
{
    ei = CheckChErr(i); //채널 에러율 검사
    SumOfe = SumOfe + ei ;
    if(SumOfe < λ)
    // 채널 에러율의 합이 임계값보다 작으면
    {
        UseEndtoEnd();
    }
    else
    {
        UseHopbyHop();
        SumOfe = 0;
    }
    //새로운 그룹생성을 위해 에러율의 합을 초기화
}
}
```

그림 4. 제안기법의 알고리즘

대비하도록 한다.

(3) 결론적으로 에러율이 낮은 네트워크에서는 end-to-end ACK 시스템을 사용하고 에러율이 높은 채널에서는 hop-by-hop ACK 시스템을 사용하여 최소한의 네트워크 트래픽 발생을 유도한다.

이는 직접적으로 센서 노드들의 에너지 소모 효율성에 연관되며, 센서 네트워크의 수명을 연장하는데 기여할 것이다.

그림 4는 제안기법을 알고리즘으로 표현한 것으로, n개의 노드로 구성된 라우팅 경로에서 각각의 채널 에러율의 합을 이용하여 전송방법을 다르게 선택하는 방법과 그룹을 생성하는 방법을 보였다.

IV. 결론

본 논문에서는 센서네트워크의 수명을 연장시키고 전송 신뢰성을 확보하기위한 방법을 제시하였다. 기존의 방법들은 단순히 전송 신뢰성을 확보하기위해 에너지 효율 측면을 고려하지 않았다. 하지만, 동적 그룹화를 이용한 전송기법은 최적의 라우팅 경로가 설정된 상태에서 추가적으로 에너지 소모를 줄일 수 있으며, 네트워크 품질 상태가 변화하더라도 동적으로 최적의 전송방식을 찾아 낼 수 있는 기법이다. 또한, 제안기법은 기존의 다양한 라우팅기법과 연관되어 사용되어질 수 있으며, 센서 네트워크의 다양한 응용분야에 따른 에러율에 대비하여 사용되어 질 수 있는 기법이다. 향후 연구 방안으로는 제안한 메커니즘을 다양한 실험을 통해 검증할 필요가 있다.

참고문헌

- [1] Ian F. Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam, and Erdal Cayirci, "A Survey on Sensor Networks," IEEE Communications Magazine, Vol. 40, No. 8, pp. 102-114, Aug. 2002.
- [2] Dazhi Chen and Pramod K. Varshney, "QoS Support in Wireless Sensor Networks: A Survey," in Proc. of the 2004 International

Conference on Wireless Networks (ICWN 2004), pp. 227-233, Las Vegas, Nevada, USA, June 21-24, 2004.

[3] Jamal N. Al-Karaki and Ahmed E. Kamal, "Routing Techniques in Wireless Sensor Networks: A Survey," IEEE Wireless Communications, Vol. 11, No. 6, pp. 6-28, Dec. 2004.

[4] Kemal Akkaya and Mohamed Younis, "A survey on routing protocols for wireless sensor networks," Ad Hoc Networks, Vol. 3, No. 3, pp. 325-349, May 2005.

[5] Andreas Willig and Holger Karl, "Data Transport Reliability in Wireless Sensor Networks - A Survey of Issues and Solutions"

[6] B. Deb, S. Bhatnagar, and B. Nath, "Information assurance in sensor networks," in Proc. 2nd ACM Intl. Workshop on Wireless Sensor Networks and Applications (WSNA), San Diego, CA, Sept. 2003.

[7] Tian He, John A Stankovic, Chenyang Lu, and Tarek Abdelzaher, "SPEED: A Stateless Protocol for Real-Time Communication in Sensor Networks," in Proc. of the 23rd International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS 2003), pp. 46-55, Providence, Rhode Island, USA, May 19-22, 2003.

[8] Emad Felemban, Chang-Gun Lee, Eylem Ekici, Ryan Boder, and Serdar Vural, "Probabilistic QoS Guarantee in Reliability and Timeliness Domain in Wireless Sensor Networks," in Proc. of IEEE INFOCOM 2005, Miami, Florida, USA, Mar. 13-17, 2005.

[9] Chalermek Intanagonwiwat, Ramesh Govindan, and Deborah Estrin, "gDirected Diffusion: A Scalable and Robust Communication Paradigm for Sensor

Networks," in Proc. of the 6th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom 2000), pp. 56-67, Boston, Massachusetts, USA, Aug. 6-11, 2000.

[10] Jae-Won Choi and Kwang-Hui Lee, "A Reliable Data Transfer Mechanism Using Directed Diffusion in Wireless Sensor Networks," Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea, Vol. 43-TC, No. 8, pp. 77-83, Aug. 2006.

저자약력

박 광 채(Kwang-Che Park) 중신회원



1975년 조선대학교
전자공학과 (공학사)
1980년 조선대학교 대학원
전자공학과 (공학석사)
1994년 광운대학교 대학원
전통신공학과 (공학박사)
2013년 현재 조선대학교
전자정보공과대학
전자공학과 교수

<관심분야> 네트워크 보안, 인터넷 보안, IoT
빅데이터

김 현 열(Hyon-Yul Kim) 중신회원



2006년 2월 관동대학교 교육
대학원 공업교육전공
공학석사
2011년 3월 관동대학교
전자통신공학과
박사과정

<관심분야> 영상처리, 신호처리 시스템

배 철 수(Cheol-Soo Bae) **종신회원**



1979년 명지대학교
전자공학과 공학사
1981년 명지대학교 대학원
공학석사
1988년 명지대학교 대학원
공학박사
1999-2001년 관동대학교
공과대학 학장
1981년 현재 관동대학교
의료공학과 교수

<관심분야 > 영상처리, 신호처리시스템, 영상압축