

무선 센서 네트워크에서 신뢰성 있는 데이터 전송을 위한 고장 감내형 데이터 수집

이정훈, 표세준, *배진수, **김광순, 정민아, 이연우, 이성로
 목포대, *세종대, **연세대
 srlee@mokpo.ac.kr

Fault-tolerant Data Gathering for Reliable Data Transmission in Wireless Sensor Networks

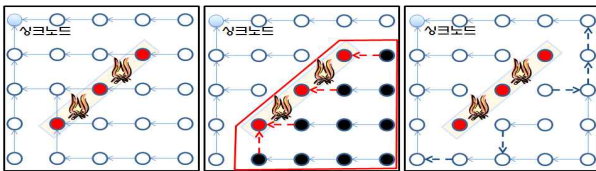
Jung Hoon Lee, Se Jun Pyo, *Jinsoo Bae, **Kim Kwang Soon, Min A Jeong, Yeon Woo Lee, Seong Ro Lee
 Mokpo National Univ., *Sejong Univ., **Yonsei Univ.

요약

무선 센서 네트워크에서 기존의 경로복구 기법 중 연구된 TAG기법은 통신 에러를 감지하고 손실된 패킷을 다시 전송함으로써 데이터의 신뢰도를 높이지만, 적응적 타임아웃 스케줄링을 제공하지 못함으로써 데이터의 신뢰도를 유지할 수 없다. 본 논문에서는 적응적 타임아웃을 이용한 신뢰성 있는 데이터 전송을 위한 고장 감내형 데이터 병합을 제안한다. 센서노드는 부모노드리스트, 부모이웃노드리스트, 자식노드 리스트를 유지하며 자식노드와 부모노드와의 통신이 단절된 경우 부모이웃노드와 성공적인 통신을 연결함으로써 신뢰성 있는 데이터 병합을 한다. 실험결과 TAG에 비해 패킷 성공율은 약 95.96%정도의 우수한 성능을 보였다.

I. 서론

무선센서네트워크 멀티홉 기술은 센서노드를 통한 정보 수집등을 목적으로 다양한 분야에 사용된다. 하지만 센서 노드는 열악한 환경에 설치되기 때문에 전원공급 차단 및 센서노드의 파괴등 다양한 외부 위협에 노출되어 있다. 이러한 경우 때문에 무선센서 네트워크에서는 전력 소모, 고장 감내, 확장성, 하드웨어 제약, 전송 매체, 운용 환경, 네트워크 토폴로지 등의 여러 요인을 고려하여 설계 되어야 한다. 이중 고장감내란 노드고장에 의한 방해에 상관없이 그 기능을 유지하는 것을 말한다. 고장 감내는 적용되는 환경에 따라 요구수준을 높이도록 설정할수 있고, 반대로 요구수준을 낮게 설정할수 있어야 한다. 고장 감내를 통한 센서 노드의 장애 발생시에도 데이터 신뢰도는 떨어지지 않는 안된다.[1] 무선 센서네트워크에서 멀티홉 통신에서 부모노드가 고장나거나 전원공급 차단으로 인한 비동작시 경우 신속하게 새로운 우회 경로를 통해 자식노드의 데이터를 확보하지 않는다면 모든 데이터는 손실 된다. 다음 그림1은 위의 상황의 예를 나타내어 준다.



[그림 1] 통신 장애로 인해 발생하는 문제점

(가)는 주요 센서노드가 예기치않은 발생으로 인해 통신불능을 나타내며, (나)는 통신불능의 부모노드 때문에 자식노드들까지의 영향을 나타내어 주고 있다. 따라서 고장 감내의 적용한 (다)와 같이 데이터가 손실되지 않고 싱크노드로 전송될 수 있도록하는 기법이 필요하다. 기존의 캐싱 및 재전송을 이용한 기법은 이벤트 발생과 그렇지 않을때의 데이터가 구분없이 동일한 데이터 전송 기법을 사용한다. 하지만 이벤트 발생전의 데이터들

은 제한된 공간에서 서로 인접해있기 때문에 패킷손실이 발생 되더라도 데이터 병합 결과에 미치는 영향이 미비하기 때문에 본 논문에서는 이벤트 발생시에만 패킷의 재전송을 제공한다. 이벤트 발생전에는 단일 경로 데이터 병합을 수행하고, 이벤트 발생시에는 패킷 손실 감지 및 재전송을 통해 데이터 병합 신뢰도를 유지한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구에 대해 살펴보고 3장에서는 제안하는 신뢰성 있는 데이터 전송을 위한 고장 감내형 데이터 병합에 대해 자세히 설명한다. 4장에서는 제안하는 기법의 성능 분석을 하고, 마지막으로 5장에서는 결론을 맺고 향후 과제를 제시한다.

II. 관련 연구

2.1 TAG

TAG[2]에서는 데이터베이스 시스템의 구조화 조회 언어(Structured query language: SQL)의 형식을 사용해 센서 데이터를 네트워크 내에서 분산 병합하여 네트워크의 메시지 전송량, 지연 시간, 전력 소모를 줄이고자 하였다[34]. 그림 2는 TAG에서 사용하는 질의의 형식이다.

```
SELECT {agg(expr), attrs} FROM sensors
WHERE {selPreds}
GROUP BY {attrs}
HAVING {havingPreds}
EPOCH DURATION i
```

[그림 2] TAG의 질의 형식

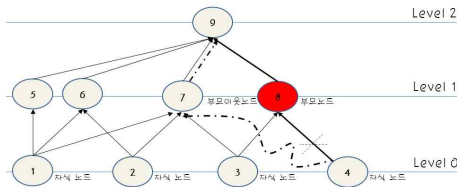
데이터의 갱신 주기를 나타내는 EPOCH DURATION 절 외에는 일반적인 SQL문과 같다. 그 밖에, 일반적인 데이터베이스의 병합 함수 COUNT, MIN, MAX, SUM, AVERAGE 외에 MEDIAN, COUNT DISTINCT, HISTOGRAM의 추가적인 병합 선택사항을 추가하였다.

2.2 타임아웃 스케줄링

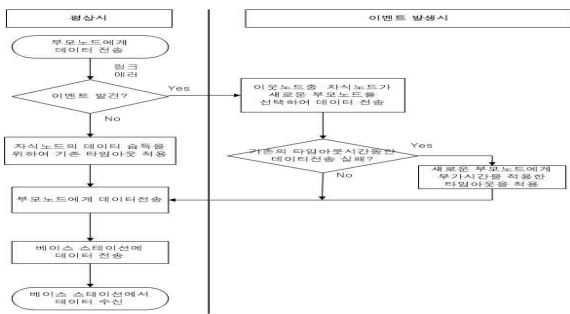
데이터병합을 적용한 무선센서네트워크는 주로 트리 토폴로지를 가지고, 센서노드는 자식노드의 데이터와 로컬에서 수집한 데이터를 병합하여 부모노드로 전송한다. 센서노드가 병합을 수행하기 전에 병합 동기화를 위해 자식노드의 메시지를 기다리는 시간을 타임아웃이라고 한다. 데이터 병합을 지원하는 센서노드는 자식노드의 메시지를 무한정 기다릴 수 없으므로 타임아웃 기간 내에 도착하지 않은 메시지는 손실된 것으로 간주하고 메시지는 수신하지 않는다. 타임아웃 기간 동안 센서노드의 송수신유닛이 수신, 대기 모드에서 동작하므로 에너지 소모가 크다.

III. 제안 기법

본 논문에서는 적응적 타임아웃 스케줄링을 사용한 재전송 기법을 적용하여 데이터 수집 시에 부모노드의 고장에도 신뢰성 있는 데이터 수집을 제공하는 고장 감내형 데이터병합을 제안한다. 각 노드는 하나의 부모노드 (Parent Node)와 다수의 이웃부모노드 (Neighbor Parent Node)를 가질 수 있다. 부모노드는 라우팅 트리를 형성하여 데이터를 전송하고, 이벤트 발생 전에 부모노드를 통해 베이스 스테이션으로 전송된다. 이벤트 발생 시 즉, 부모노드와의 통신 불가능 시에는 무선의 특성에 의한 브로드캐스팅으로 새로운 부모노드를 선택한 후 재전송 시 실패하였을때 부가적인 타임아웃을 적용한다. 그림 3은 부모노드의 소멸·손실의 상황에서 고장 감내형을 적용한 데이터수집 과정이며, 그림 4는 본 논문에서 제안한 순서도이다.



[그림 3] 본 논문에서의 이벤트 발생 시 데이터수집 과정



[그림 4] 본 논문에서 제안하는 순서도

IV. 성능평가

성분 논문에서 제안된 혼합된 기법의 패킷 성공율을 알아보기 위한 실험은 표 1과 같이 설정하였다.

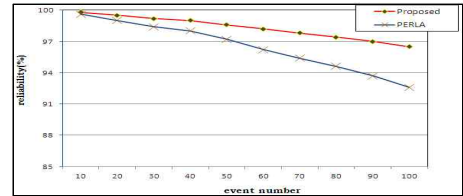
[표 1] 파라미터 설정

송수신 전송 범위	7 m
부모노드의 고장	최대 100회
전송 데이터 패킷	28 Byte
질의 종류	Temp, Light

100개의 센서노드들은 7 m의 범위 내에 모두 있다고 가정하였으며, 부모

노드의 고장은 총 100회, 전송 데이터 패킷크기는 28 Byte, 질의 종류는 Temp, Light를 지정함으로써 선박에서의 애플리케이션에 사용하기 위한 것이다.

그림 5는 실험의 비교를 위해 무선센서 네트워크에서 이벤트 발생의 횟수에 따른 데이터 병합 기법인 TAG와 본 논문에서 제안한 방법의 패킷 성공률이다.



[그림 5] 기존의 기법과 제안한 방법의 패킷 성공률

이벤트의 횟수가 증가함에 따라 기존의 기법과 제안한 방법은 데이터의 패킷 성공률에서 점차 낮아졌다. 하지만 제안한 혼합기법은 패킷 성공률이 조금씩 낮아지고 있지만 기존의 기법의 경우에는 패킷 성공률이 이벤트 횟수에 따라 크게 달라지는 것을 볼 수 있다. 새로운 부모노드를 정하고 난 후의 기본 타임아웃의 패킷 성공률에서 제안한 기법보다 낮음을 실험을 통하여 확인할 수 있었다. 기존의 기법은 이벤트가 100회 발생시 92.6%의 패킷 성공률을 나타내었으며, 제안된 혼합 기법은 96.5%의 패킷 성공률을 나타내었다.

V. 결론

본 논문에서는 기존의 연구인 TAG에서 부가적인 타임아웃을 사용한 재전송 기법을 적용하여 링크에러에 대한 패킷 재전송을 수행함으로써, 링크 에러가 있음에도 신뢰도 있는 데이터의 정확성을 유지 한다. 본 논문에서 제안한 기법을 통한 데이터 실패율은 기존의 기법인 TAG에 비해 데이터 패킷 성공율이 약 95.96%정도의 우수한 성능을 보였다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA-2011-C1090-1121-0007) 이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 대학중점연구소 지원사업으로 수행된 연구임(2011-0022980)

참고 문헌

- [1] 이좌형, 선주호, 정인범, "무선 센서 네트워크를 위한 대규모 장애 적응 라우팅 프로토콜", 정보처리학회논문지, 16권 1호, 2009
- [2] S. Madden, M. Franklin, J. Hellerstein, and W. Hong, "TAG: a Tiny Aggregation Services for Ad-Hoc Sensor Networks", Proceedings of the Symposium on Operating Systems Design and Implementation, Dec. 2002.