무선센서네트워크를 위한 TCP-Light 프로토콜 설계

김선영* · 진교홍*

*창원대학교 전자공학과

Design of TCP-Light Protocol for wireless sensor network

Sun-young Kim* · Kyo-hong Jin*

*Dept. of Electronic Eng., Changwon National University

E-mail : line027@changwon.ac.kr

요 약

무선센서네트워크로부터 전달되는 데이터를 수집하거나, 센서노드를 제어하고 감시하기 위해서는 센서노드와 인터넷 상의 호스트가 연결될 필요가 있다. 그러나 무선센서네트워크는 기존의 인터넷과는 달리 노드의 하드웨어적인 제약이 많으며, 높은 패킷 에러율을 보인다. 이에 따라 유선망에 연결된 호스트의 TCP 프로토콜은 성능이 급격히 떨어지므로 이를 해결하기 위한 방안이 모색되어야 할 것이다. 즉, 센서노드의 하드웨어적인 문제점, 무선망의 환경적인 요소 등을 고려한 새로운 TCP 프로토콜이 개발되어야 한다. 따라서 본 논문에서는 기존의 TCP 프로토콜과 호환되며, 무선센서노드에서도 사용가능한 TCP-Light 프로토콜을 제안하였다. 제안된 TCP-Light 프로토콜은 메모리 소모율이 낮으며, 망상의 메시지 수를 줄일 수 있다.

ABSTRACT

In this paper, we design the TCP-Light protocol for directly connecting a sensor network with Internet. When we are monitoring the data and controlling of the sensor node, the sensor network must be connected to Internet. But TCP in wireless networks has a number of performance problems which is high bit-error rates and a hardware constraint. Moreover, the end-to-end acknowledgment and retransmission scheme employed by TCP causes expensive retransmissions along every hop of the path between the sender and the receiver. This paper introduces The TCP-Light protocol which increases TCP performance in wireless sensor networks, decreases the number of end-to-end retransmissions and decreases memory consumption.

키워드

wireless Sensor Network, TCP-Light Protocol

Ⅰ. 서 론

무선센서네트워크로부터 전달되는 데이터를 수집하거나, 센서노드를 제어하고 감시하기 위해서는 센서노드와 인터넷 상의 호스트가 연결될 필요가 있다. 인터넷은 전송 프로토콜의 표준으로 TCP를 사용하고 있으며 각 센서노드에서 TCP 프로토콜이 사용된다면 중간노드나 게이트웨이 없이 센서노드와 인터넷 호스트 간에 직접 통신이 가능해 진다.[1]

그러나 무선센서네트워크는 기존의 인터넷과는 달리 노드의 하드웨어적인 제약이 많으며, 무선링크 상의 높은 에러율과 제공된 에너지의 한계로 end-to-end 재전송을 하는 TCP를 그대로 사용하기에 적합하지 않다.[1]

따라서 센서노드가 인터넷의 호스트와 직접 통신이 될 수 있도록 두 종단 노드는 TCP 프로토콜을 그대로 사용하고, 무선센서네트워크의 환경적요인으로 인해 많은 재전송 패킷이 생성되는 것은 방지하는 TCP-Light 프로토콜을 제안하였다. TCP-Light 프로토콜은 무선네트워크의 환경이나 노드의 밀집도에 따라 재전송 되는 범위를 n값으로 정한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. Ⅱ장에서는 무선센서네트워크에서의 TCP프로토콜 전송에 대한 문제점에 대해 살펴보고, Ⅲ장에서는 관련된 연구

를 알아보며, Ⅳ장에서는 센서네트워크 상에서 동작되는 TCP-Light 프로토콜에 대해 설명하고, 마지막으로 장에서 결론 및 앞으로의 연구 과제를 제시한다.

Ⅱ. 문제 정의

2.1 무선센서네트워크에서의 TCP 프로토콜

무선센서네트워크에서 TCP 프로토콜의 성능을 분석하기 위하여 6개의 센서노드를 그림1과 같이 구성하고 각 노드는 IEEE 802.15.4 표준 위에 TCP 프로토콜을 사용하여 패킷을 전송하였다.

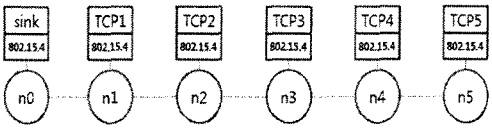

그림 1. 센서노드 구성도
Fig 1. Sensor-Node configuration

노드 1번,2번, 3번,4번,5번의 5개의 노드는 각각의 TCP패킷을 생성하고 멀티 홉을 통하여 싱크노드로 전달한다. 노드 0은 싱크노드로 각각의 TCP 패킷을 수집한다. 이 과정에서 동일 시간에 전송되는 TCP 패킷의 양을 도착된 패킷의 시퀀스 넘버를 통해서 알아보고, 홉 수에 따른 재전송 횟수도 측정하였다. 시뮬레이션 결과는 NS2를 이용하여 xgraph와 nam으로 확인하였다.

2.2 패킷 수신율

그림 2는 실험 환경에서 시뮬레이션을 수행하여 얻은 패킷 수신율을 나타내는 그래프로, 싱크노드에서 수신한 패킷수를 나타낸다.

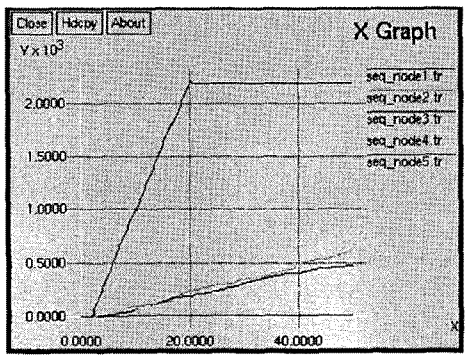

그림 2. 패킷 수신율
Fig 2. Packet receive rate

그림 2에서 보이는 패킷 수신율을 각 노드로부터 도착한 TCP 세그먼트 값을 나타낸다. 싱크와 멀리 위치한 노드일수록 링크 에러에 의한 재정송이 많아지고 도착하는 속도도 느리게 되어 도착하는 패킷수가 작다는 것을 알 수 있다.

2.3 재전송 횟수

그림 3은 송신노드의 cwnd(congestion window)값을 나타낸다. TCP의 cwnd는 재전송이 발생 할 때 마다 1로 설정 되므로 이 값으로 재전송 횟수를 짐작할 수 있다.

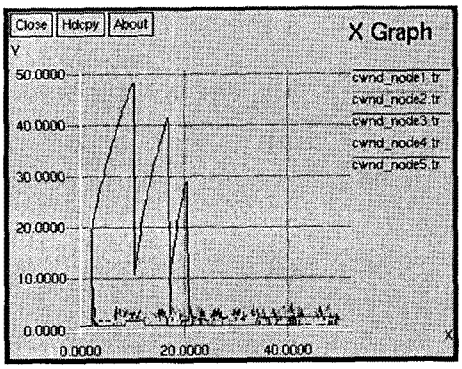

그림 3. 센서노드의 cwnd
Fig 3. cwnd of sensor-node

그래프를 살펴보면 cwnd 값이 계속 증가하는 1번 노드와 달리 2번, 3번, 4번, 5번 노드의 cwnd 값은 5이하의 값에서 진동하는 것을 알 수 있다. 이것은 재전송 횟수의 증가를 나타내며, 재전송시 생성되는 전체 패킷 수는 홉 수배만큼 많아 질것이다.

Ⅲ. 관련연구

센서네트워크의 전송프로토콜은 응용분야의 특성에 따라 개별적으로 연구 되고 있으며 이렇게 개발된 전송 프로토콜을 기존의 망과 연결 하기 위한 게이트웨이도 개별적으로 설계되고 설치되어야 한다.

이러한 점을 개선하기 위해서, 우리는 기존의 인터넷 망에서 표준으로 사용하고 있는 TCP 프로토콜을 센서네트워크에서 사용하는 방법을 연구한다. 이와 관련된 이전 연구로는 DTC[2]와 TSS[3]가 있다.

DTC[2]와 TSS[3]은 TCP 세그먼트를 종단노드에서 그대로 사용할 수 있게 하였고, 패킷이 경유하는 모든 중간노드에서 패킷을 저장하여, 지역적으로 재전송함으로써 링크상의 메시지 수를 줄였다

DTC[2]는 센서노드의 메모리에 1개의 세그먼트를 저장한다고 가정하고, 특정 확률 값과 link level timer를 이용하여 패킷을 저장하고 재전송하며, SACK를 사용하여 응답패킷의 수도 줄인다.

TSS[3]는 전달되는 패킷을 순서대로 버퍼에 저장하며, small history list를 사용하여 잘못된 재전송 패킷을 줄인다.

위의 두 프로토콜은 end-to-end 간의 패킷 재전송을 방지하여 생성되는 패킷의 수를 줄이지만, 트리 토폴로지를 가진 센서네트워크에서는 각 센서노드는 자신을 경유하는 모든 노드의 패킷을 저장해야하므로 메모리 부족 문제가 발생할 것이다. 특히 TSS는 이전의 노드가 패킷을 손실하다면 그 이후노드는 패킷을 순서대로 저장하고 있어야하므로 메모리의 사용이 더 많아지게 될 것이다.

Ⅱ장과 Ⅲ장을 통하여 End-to-End 재전송은 무선 링크 상에 많은 파일을 생성하고, 그에 따라 각 노드의 에너지 소비가 많아지게 한다는 것과 반대의 경우로, 경유되는 모든 노드에서 패킷이 저장하고 지역적으로 재전송 한다면, 패킷이 많이 경유되는 노드는 많은 센서의 데이터를 저장해야 하므로 메모리 부족이 발생한다는 것을 알았다.

다음 장에서는 재전송에 대한 에너지 손실과 하드웨어 제약에 따른 메모리 부족 모두를 고려하여 설계된 TCP-Light에 대해 설명하겠다.

Ⅳ. TCP-Light

기존의 인터넷 망과 호환이 가능하고, 무선센서네트워크의 취약한 환경에서도 사용이 가능한 TCP-Light 프로토콜은 경로상의 노드 n홉 번째 노드에 패킷을 저장하여 재전송하고, 패킷 전송 내역을 기록하여 불필요한 재전송을 막는다.

4.1 재전송구간 결정

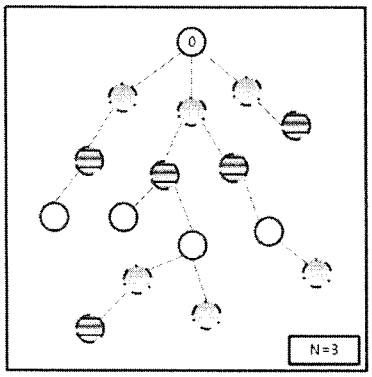

그림 4. 재전송노드 구성(n=3)
Fig 4. Retransmission nod (n=3)

저장되는 노드의 간격을 센서네트워크가 설치되는 환경에 따라 유동적일 수 있는 n값으로 둔다. 각 센서노드는 센싱된 데이터가 있으면 싱크노드로 전송하고, 이 패킷은 송신노드로 부터 홉수가 n의 배수가 되는 노드마다 저장된다. 각 구간에서는 Local_ack를 발생시켜 전송의 성공여부를 알린다. 만약 Local_RTT동안 Local_ACK가 오지 않는다면 그 구간 내에서 패킷이 손실되었다 가정하고 그 구간에서만 패킷을 재전송 하게 된다. Local_ACK가 도착하면 저장되어있던 패킷을 지운다.

그림 4는 n=3인 경우 패킷 구성을 나타낸 것이다. n이 3인 경우에는 패킷 전송 시 3홉 간격마다 패킷이 저장되며, 3홉의 Local이 지정된다.

- n값 결정

Local의 크기 n은 end-to-end의 패킷의 손실 시 재전송 패킷의 수는 증가량을 뜻하고, 메모리에 저장되는 패킷의 감소량을 나타낸다. n값은 무선센서네트워크 환경과 센서노드의 밀집도에 따라 결정된다. 센서노드의 밀집도가 낮고 그에 따라 무선링크의 에러율이 높다면 n은 작은 값으로 결정되어야 할 것이다. 반대로 센서노드의 밀집도가 높고, 무선링크가 안정적이라면 n값은 큰 값으로 결정된다.

- 전송 기록

구간 전송이 완료된 패킷은 최종 순서번호를 메모리에 기억해 두고 다음 구간 전송을 시작한다. 만약 아랫 구간에서 메모리에 기억된 순서번호보다 이전의 패킷을 보낸다면, 새로 받은 패킷은 버리고 Local_ack를 다시 전송해 준다.

4.2 동작의 예

그림 5는 n이 3일 때 동작을 설명한다.

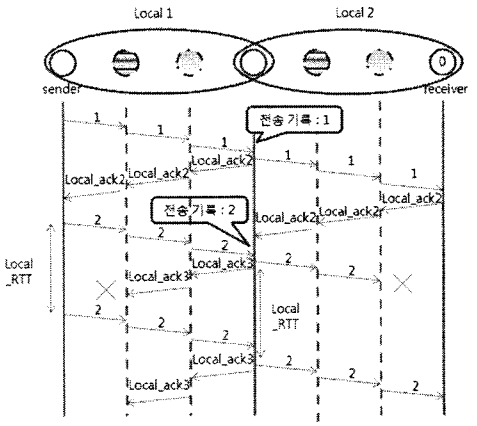

그림 5. TCP-Light (n=3)
Fig 5. TCP-Light (n=3)

n값이 3이므로 3홉 간격으로 Local이 지정된다. 먼저 송신측이 패킷 1을 보내면 첫 번째, 두 번째 노드는 저장을 하지 않고 패킷을 송신하며 3번째 노드가 저장한다. 3번째 노드는 패킷이 도착하면 전송기록에 1을 적고 송신기 방향으로

Local_ack를 전송하며, 수신기 방향으로 패킷 1을 전달한다.

Local_ack2를 받은 송신측은 패킷 2를 전송하고 3번째 노드는 2를 수신한 후 1과 같이 Local_ack3와 패킷2를 전달한다. 이때 Local_ack가 손실된 송신측은 다시 패킷2를 보내지만 ACK의 손실에 의한 재전송이므로 3번째 노드는 패킷을 다시 전송하지 않고 Local_ack3만 재전송 해준다. 한편 3번째 노드에서 보낸 패킷2가 손실되어 Local_RTT 타이머가 타임 아웃되었으므로 3번째 노드는 패킷 2를 재전송한다. TCP-Light의 모든 전송은 Local-to-Lacal로 이루어진다.

V. 결론 및 앞으로의 연구

무선센서네트워크가 동작하기 위해서는 기존의 인터넷과 연결되어야하며 기존의 인터넷 망은 전송 계층으로 TCP 프로토콜을 선택하고 있다. 하지만 무선센서네트워크에 TCP를 그대로 사용 glais 재전송패킷의 증가라는 문제점이 발생한다. 이러한 문제점을 해결하고 센서네트워크의 환경을 고려하는 센서네트워크용 TCP-Light 프로토콜을 설계하였다. TCP-Light 프로토콜은 무선네트워크의 에러율과 무선노드의 하드웨어적 제약을 고려하여, n홉의 간격을 두고 패킷을 저장하고 재전송한다. 유동적인 n값의 이용은 재전송 패킷수와 메모리 사용량을 조절할 수 있어 각 응용분야의 무선환경 맞추어 사용할 수 있을 것으로 보여진다.

앞으로 TCP-Light 프로토콜에 라우팅 알고리즘을 추가할 것이며, 성능 분석을 통해 알고리즘의 성능을 검증할 것이다.

참고문헌

[1] A. Dunkels, J. Alonso, T. Voigt, H. Ritter, J. Schiller, "Connecting Wireless Sensornets with TCP/IP Networks", In Proc. of WWIC2004, Germany, February 2004.

[2] A. Dunkels, T. Voigt, H. Ritter, and J. Alonso, "Distributed TCP Caching for Wireless Sensor Networks", Proceedings of the 3. rd. Annual Mediterranean Ad Hoc Networking Workshop 2004, Bodrum, Turkey, June 2004.

[3] T. Braun, T. Voigt, A. Dunkels. TCP Support for. Sensor Networks. IEEE/IFIP (WONS 2007), Obergurgl,. Austria, pp. 162-169, Jan 2007.