

<http://dx.doi.org/10.7236/JIWIT.2012.12.4.141>

JIWIT 2012-4-17

메모리 크기 제약이 있는 센서 노드에서의 포스트 체크섬과 제한된 오류제어 알고리즘 연구

Modified TCP with Post-Checksum Field and Limited Error Control Algorithm for Memory-limited Tiny Sensor Node

오종택*

Jongtaek Oh

요약 유비쿼터스 센서 네트워크에서 센서노드는 일반적으로 크기가 소형이고 저가이며 배터리로 운용되므로 전력이 부족한 특징이 있다. 이런 센서 노드 환경에서 신뢰도가 높은 TCP/IP 프로토콜을 적용하여 센싱된 데이터를 전송하는 경우에 센서 노드에 내장된 메모리 크기의 제약을 극복하는 기술이 제안되었으나 오류가 발생하는 경우에 적용이 어려운 문제가 있었다. 본 논문에서는 이 문제를 극복하기 위해 프레임 오류나 손실 시에 처리하는 알고리즘이 제안되었으며, 주기적으로 센싱 데이터를 전송하는 일반적인 경우에 적용이 가능하다.

Abstract In a Ubiquitous sensor network environment, the sensor node is in general small and low price, and operating with power limited battery. The reliable TCP/IP protocol is used for transmitting sensed data from the sensor node. A new method was proposed in order to overcome the limitation of small embedded memory, but it is difficult to use for the case of frame error. In this paper, a new algorithm is proposed to manage the receiving frame error or loss, and it is appropriate to the sensor network to send sensed data periodically.

Key Words : 체크섬, TCP, 오류 제어, 센서

1. 서 론

무선 센서 네트워크에서 신뢰성 있는 통신을 위해 TCP (Transport Control Protocol)이 사용되어 왔다. TCP 프로토콜은 사전 세션 구성(connection-oriented) 및 흐름 제어, 오류 제어 등의 기능을 제공하기 때문이다. 한편 센서 네트워크에서는 일반적으로 센서 노드가 저렴하고 소형이어야 하므로 메모리의 크기가 작으며 프로

세서의 처리 속도도 느린 특징이 있다^[1].

기존의 TCP 세그먼트는 체크섬 필드를 포함한 TCP 헤더와 데이터의 순서로 구성되어 있다. TCP 체크섬은 의사(pseudo) 헤더와 TCP 헤더, 데이터를 더하여 계산되며, 체크섬을 계산하기 위해서는 모든 데이터가 메모리에 사전에 저장되어 있어야 한다. 한편, 작은 센서 노드에서 큰 크기의 프레임을 반복적으로 전송하기 위해서는 메모리의 크기와 메모리 쓰기/읽기 시간, 건전지 소모

*정회원, 한성대학교 정보통신공학과
접수일자 : 2012년 4월 21일, 수정완료 : 2012년 7월 23일
게재확정일자 : 2012년 8월 10일

Received: 21 April 2011 / Revised: 23 July 2012 /

Accepted: 10 August 2012

*Corresponding Author: jtoh@hansung.ac.kr

Dept. of Info. Comm. Eng., Hansung University, Korea

등이 매우 문제가 된다. 이런 문제를 해결하기 위해 체크섬을 사용하지 않는 방법^[2]이나 패킷의 끝부분에 체크섬을 두는 방법^[3]이 제안되었다. 그러나 전자의 경우는 단지 한 홉 거리의 링크에서만 적용될 수 있으며, 후자는 기존의 TCP 프로토콜과 완전히 달라서 호환성이 없다. 한 편, 좀 더 발전된 TCP 체크섬 방법이 소개되어 오류를 더 정확히 검출하거나 TCP 프로토콜에 여러 가지의 선택 사양을 제공할 수 있다. 따라서 TCP 헤더의 선택 필드를 이용하여 수신기에서 체크섬을 계산하는 방법을 변경할 수 있으며, 클라이언트와 서버가 초기 접속 시에 SYN 세그먼트를 교환하여 새로운 방법을 정할 수 있다^[4].

source IP address			
destination IP address			
zero	protocol	length	
source port		destination port	
sequence number			
acknowledgement number			
length	res	flags	window size
checksum		urgent pointer	
options			
kind=14	length=3	checksum type	
data			
			post-checksum

그림 1. 제안된 포스트 체크섬 프레임 형식^[5]
Fig. 1. The format of proposed post-checksum frame^[5]

또한 그림 1과 같이 기존의 TCP 세그먼트의 데이터 부분 끝에 포스트 체크섬 필드를 추가함으로써 TCP 세그먼트 전송 시에, 미리 데이터를 메모리에 사전에 저장하지 않고 헤더부터 전송하면서 동시에 체크섬을 계산하며, 데이터까지 모두 전송 후에 최종적으로 계산된 체크섬을 포스트 체크섬 필드에 넣어 전송하는 방법이 제안되었다^[5]. 이 방법을 적용하면 메모리 크기가 작은 센서 노드에서도 큰 데이터 프레임을 전송할 수 있으며, 메모리에 데이터를 쓰고/읽는 시간이나 전력의 소모가 절약된다. 건전지를 주로 사용하는 센서 노드에서의 전력의 절약은 매우 중요하다.

그러나 작은 센서 노드에 내장된 메모리의 크기가 충분하지 못해서 수집된 데이터를 메모리에 저장하지 못하

는 경우에 TCP 세그먼트를 전송할 수는 있지만, 수신기에서 수신하지 못하는 경우에는 송신기에서 재전송하는 것이 불가능하므로, 기존의 TCP 프로토콜에서는 문제가 발생한다.

본 논문에서는 포스트 체크섬 방식을 적용하는 경우에, TCP 세션의 클라이언트와 서버 사이의 초기 접속 프로토콜을 설명하고 데이터 전송 시에 오류가 발생하는 경우에 이를 처리하는 프로토콜을 제안한다.

II. 포스트 체크섬 방식의 TCP 초기 접속 프로토콜

제안된 포스트 체크섬 방식을 위해서는 TCP 세그먼트의 끝 부분에 그림 1처럼 포스트 체크섬 필드를 추가해야 한다. 또한 옵션 필드 중에서 kind 파라미터 값을 14로 설정하여 옵션 필드가 체크섬 방식이라는 것을 통신 상대방에게 알려야 하며, checksum type 파라미터 값을 새로운 값인 4로 설정하여 포스트 체크섬 방식을 알린다. 작은 센서노드가 TCP 클라이언트로서 그리고 싱크 노드가 TCP 서버로 동작할 때, 클라이언트에서 먼저 서버로 SYN 세그먼트를 전송한다. 이 때 SYN 세그먼트의 헤더는 그림 1의 형식을 사용하여 TCP 서버에 포스트 체크섬 방식을 사용할 것을 알려야 한다. 이 세그먼트를 수신한 TCP 서버는 TCP 클라이언트로 ACK 세그먼트를 응답하여 클라이언트에게 포스트 체크섬 방식으로 전송하는 것을 허용해야 한다.

III. 포스트 체크섬 방식의 오류 제어 알고리즘

기존의 TCP 프로토콜은 오류가 발생한 데이터 세그먼트에 대해 재전송을 수행하여 오류 제어를 한다. 그러나 작은 센서 노드의 경우 메모리 크기의 한계 때문에 전송하는 큰 크기의 데이터 세그먼트의 내용을 저장하지 못하므로 데이터 세그먼트의 재전송이 불가능하다.



그림 2. 기존의 포스트 체크섬 프레임임을 이용한 TCP 초기 접속 절차^[5]
 Fig. 2. The conventional connection procedure for the post-checksum method^[5]

그러나 센서 데이터의 속성을 고려할 때 데이터를 수집하는 작은 시간 차이가 무시될 수 있다면, 전송된 데이터 세그먼트에 오류가 발생할 때에 센서 노드에서 다시 데이터를 수집하여 전송해도 문제가 없을 것이다. 서버에서는 센서 노드에서 다시 전송한 데이터 세그먼트를 처음으로 보낸 데이터 세그먼트로 인식하고 수신하게 된다. 또 다른 해결 방안은 데이터 세그먼트에 오류 정정 부호 기술을 적용하여 전송 도중에 발생한 오류를 서버에서 정정하는 것이다. 이 방법은 작은 센서 노드에서 오류 정정 부호화 작업을 수행하기 위한 처리 시간 지연과 전력 손실이 있으며, 싱크 노드에서도 추가적인 복호화 데이터 처리의 부담이 있다^[6,7].

제안된 포스트 체크섬 방식의 경우, 포스트 체크섬 값과 수신된 헤더 및 데이터를 계산하여 전송된 데이터 세그먼트의 오류 발생 여부를 판정하며, 오류가 발생하면 싱크 노드는 그림 3에서처럼 센서 노드에게 데이터 프레임의 재전송을 요구한다. 이 요구를 수신한 작은 센서 노드는 새로운 데이터를 수집하여 데이터 프레임을 구성하며 싱크 노드로 다시 전송한다. 다시 전송하는 데이터 세그먼트의 순서 번호(sequence number)는 이전에 싱크 노드로부터 수신한 수신 확인 번호(acknowledge number)를 복사하여 사용한다. 전에 전송한 데이터 프레임과의 내용은 다르지만, 작은 센서 노드의 메모리 용량이 작아 데이터를 저장할 수 없으므로 새로운 데이터를 보내는 것이다. 싱크 서버는 새로운 데이터 프레임을 재전송된 데이터 프레임으로 인식한다.

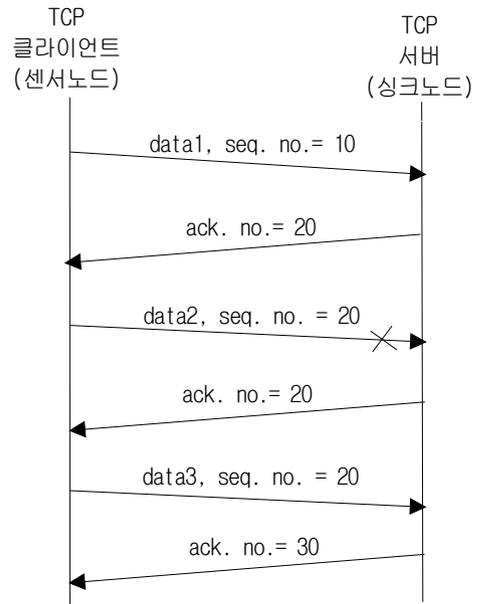


그림 3. 포스트 체크섬 방식을 이용한 프레임 오류 발생시 처리 방법
 Fig. 3. The procedure due to the frame error for the post checksum method

만약 작은 센서 노드가 데이터 세그먼트를 전송하고 전송 도중에 손실이 되어 싱크 노드에 수신이 되지 않았다면, 싱크 노드는 재전송 요구 신호를 전송할 수 없다. 이 경우 센서 노드에서는 수신 확인 신호나 재전송 요구 신호에 대한 타이머의 타임아웃이 발생하게 된다. 센서 노드에서는 그림 4에서처럼 전에 전송한 데이터 세그먼트에서 사용한 순서 번호를 복사하여 새로운 데이터 세그먼트의 헤더에 사용한다. 이 경우에도 싱크 노드는 새로운 데이터 프레임을 재전송된 데이터 프레임으로 인식한다.

또한 센서 네트워크에서는 패킷의 경로가 일정하지 않고 전송 도중에 복수 개의 동일한 패킷이 생성되어 싱크노드에 전달될 수 있으므로, 그림 4의 경우에 타이머의 시간이 충분히 크지 않으면 데이터 프레임, 즉 data2가 도착하기 전에 센서노드에서는 프레임 손실로 가정하고 새로운 프레임, data3를 전송하게 된다. 이 경우 싱크노드에서는 동일한 seq. no.를 갖은 data3를 폐기하게 된다. 따라서 신뢰성있는 데이터 전송을 위해서는 그림 5와 같이 데이터 프레임의 전송 개시 이전에 “ping”과 같은 ICMP(Internet control Message Protocol) 프로토콜을 이용하여 네트워크상의 시간 지연을 미리 측정하고, 측

정된 시간 지연량을 고려하여 타이머의 시간을 적응적으로 설정하는 것이 효과적이다.

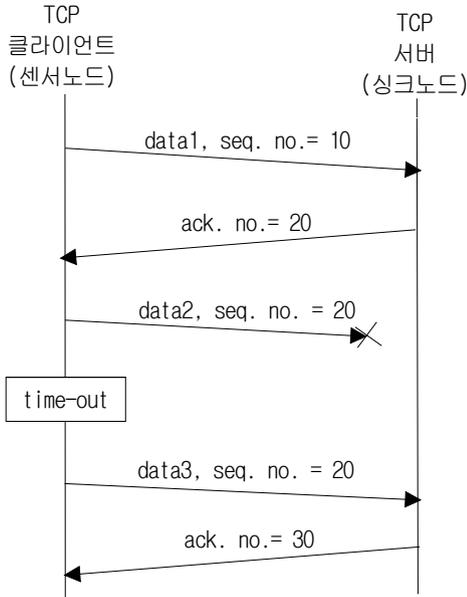


그림 4. 포스트 체크섬 방식을 이용한 프레임 손실 시 처리 방법
Fig. 4. The procedure due to the frame loss for the post checksum method

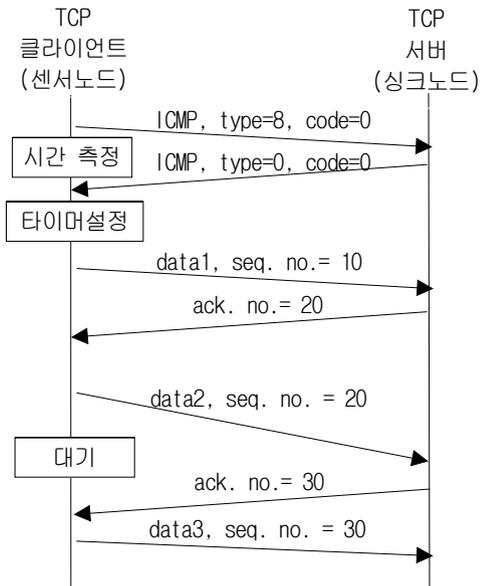


그림 5. 적절한 타이머 값 설정을 위한 송수신 시간 사전 측정 방법
Fig. 5. The procedure to determine the round trip time for the proper time-out value

즉, 그림 5에서와 같이 데이터 전송 전에 평균적인 송수신 시간을 측정하고 여기에 마진을 추가한 값을 타이머의 값으로 설정한다. data2 프레임과 같이 예외적으로 송신 시간지연이 큰 경우에도 타이머는 대기하며, ack를 수신한 후에 새로운 데이터 프레임, data3를 전송한다. 데이터 전송 사이에 송수신 시간을 측정하여 타이머 값을 지속적으로 변경하는 방법도 고려할 수 있다.

센서 노드의 메모리 크기의 한계로 전체 데이터 프레임을 저장할 수 없으므로 TCP 프로토콜의 장점인 오류 프레임에 대한 재전송이 불가능하다. 그럼에도 불구하고 TCP 프로토콜은 연결 지향적(connection-oriented) 서비스이므로 UDP 서비스보다 더 신뢰성이 높다. 또한 TCP 프로토콜은 타이머와 수신 확인 번호를 이용하여 오류를 관리할 수 있고, 전송 윈도우의 크기를 조정하여 흐름 제어를 지원하는 장점이 있다.

IV. 전송 소요 전력의 감소량 분석

본 논문에서 제안된 알고리즘에 의한 센서 노드에서의 데이터 전송에 소요되는 전력량을 분석한다. [8]의 실험 결과에 따라 TCP/IP 프로토콜에서의 전송 데이터 길이에 따른 노드에서의 처리 시간 모델을 만들었으며[5], 체크섬 계산에 소요되는 시간과 데이터를 저장하고 읽는데 소요되는 시간, 그 이외의 데이터 처리에 소요되는 시간으로 구분된다. 이 모델을 이용하여 기존의 방식과 제안된 방식에 대한 소요 전력량을 비교한다.

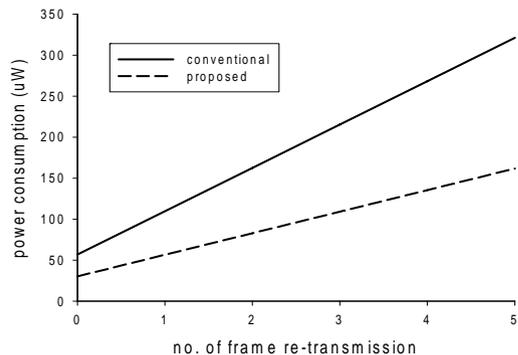


그림 6. 기존 방식과 제안된 방식의 프레임 재전송 소요 전력량의 비교

Fig. 6. The comparison of re-transmission power consumption between the conventional and the proposed methods

그림 6에서는 길이가 10KByte인 프레임을 전송할 때에 오류가 발생하여 재전송을 하는 경우이며 자세한 시뮬레이션 조건은 [5]와 동일하다. 제안된 방식의 경우에는 프레임 오류가 발생되어 새로운 프레임을 전송할 때에 수집된 데이터를 저장하고 읽어 내는 동작이 불필요하므로 전력은 감소하는 효과를 보이고 있다.

V. 결론

본 논문에서는 메모리의 크기가 제한적인 센서 노드에서 주기적으로 수집된 정보를 싱크 노드로 TCP/IP 방식을 이용하여 전송하는 경우에 있어서, 전송 프레임의 오류나 손실이 발생한 경우에 효과적으로 처리하는 알고리즘이 제안되었다. 제안된 방법의 효과는 분명하며, TCP의 장점인 오류 프레임의 재전송은 불가능하지만 UDP 보다는 신뢰성있는 데이터 전송 기능을 지원하고, 무엇보다도 기존의 TCP 프로토콜을 약간만 수정하여 실제로 적용할 수 있다는 장점이 있다. 센서 네트워크의 특성상 주기적으로 수집된 데이터를 전송하므로, 만약 전송 프레임에 오류가 발생해도 다음번에 새로운 수집된 데이터를 전송해도 문제가 없는 경우에 적용할 수 있다. 또한 전송하려는 데이터의 크기가 커서 여러 개의 전송 프레임으로 분할되는 경우에도 적용이 어려우므로 전송 데이터의 수집시에 한 프레임 단위로 의미 정보가 구성되도록 설계해야 한다. 또는 수집된 데이터를 압축하여 한 프레임 이내의 크기가 되도록 해야 한다. 본 기술은 내장된 RAM의 크기가 작은 소형 마이크로컨트롤러로 센서 노드를 구성할 때에 유용하게 적용될 수 있다.

참고 문헌

[1] C.Wang, K.Sohraby, and B.Li, "Issues of Transport Control Protocols for Wireless Sensor Networks", Int. Conf. Comm., Cir. Sys., vol.1, pp.422-426, Hongkong, China, 2005.

[2] G.G.Finn, "The impact of a zero-scan Internet checksumming mechanism", ACM SIGCOMM Computer Communication Review Homepage archive, vol. 26 issue 5, Oct. 1996.

[3] A.C.Weaver, "Making Transport Protocols Fast", Proceedings of 16th Conference on Local Computer Networks, pp.295-300, IEEE Press, 1991.

[4] R.K.Balan, B.P.Lee, K.R.R.Kumar, L.Jacob, W.K.G.Seah, and A.L.Ananda, "TCP HACK: TCP Header Checksum Option to Improve Performance over Lossy Links", INFOCOM 2001, Anchorage U.S.A.

[5] J.Oh, "Efficient TCP/IP transmission technology in wireless sensor network for ITS applicationsI", J. Korea Inst. ITS, vol.8, no.1, pp.76-81, 2009. 2.

[6] J. Kay and J. Pasquale, "Profiling and reducing processing overheads in TCP/IP", IEEE Trans. Networking, vol. 4, no. 6, pp.817-828, Dec. 1996.

[7] J.Polastre, R.Szewczyk, and D.Culler, "Telos: Enabling Ultra-Low Power Wireless Research", Proc. 4th Int. Symp. Info. Proc. Sensor Network, 2005, L.A. U.S.A.

[8] J.Kay and J.Pasquale, "Profiling and Reducing Processing Overheads in TCP/IP", IEEE Tr. Networking, Vol.4, No.6, pp.817-828, Dec. 1996.

저자 소개

오 종 택(정회원)



- 2000.3. ~ 현재 한성대학교 정보통신공학과 교수
- 1993.12. ~ 2002. 한국통신 무선통신연구소 선임연구원
- 1989.3. ~ 1993.2. 한국과학기술원 전기및전자공학과 박사 졸업

<관심 분야: 지능형 무선통신 네트워크, Personal Environment Service>

※ 본 연구는 한성대학교 교내연구비 지원과제임.