

콘텐츠 중심 네트워킹이 적용된 무선 센서 네트워크에서 효율적인 데이터 전달을 위한 저지연 전송 방법 연구

이두호^o, 이성원, 홍충선*

경희대학교 컴퓨터공학과

{ dooholee, drsungwon, cshong }@khu.ac.kr

(A Study on The Way of Low-Latency Transmission for Efficient Delivery of Sensor Data in CCN-Applied WSN)

Dooho Lee^o, SungWon Lee, ChoongSeon Hong*

Department of Computer Engineering, Kyunghee University

요 약

최근 센서들의 수가 폭발적으로 증가하면서 거대한 센서 네트워크 트래픽이 생성되고 있다. 이러한 트래픽 문제를 해결하기 위한 연구들이 진행 중이다. 그 중에서도 서버로 집중되는 요청을 분산 시킬 수 있고 라우터 내에서 같은 콘텐츠를 요청하는 패킷의 중복 전송을 막는 CCN(Content-Centric Networking)에 대한 연구가 활발하다. 따라서 CCN을 센서 네트워크에 적용하면 복제된 트래픽을 줄일 수 있다. 하지만 CCNx는 IP기반으로 통신하기 때문에 패킷이 전달될 때 3계층 헤더까지 확인해야 하는 딜레이가 발생한다. TCP/IP 사용으로 인한 딜레이가 없다면 더 빠른 데이터 전달이 가능할 것이다. 따라서 이러한 딜레이를 없애고 더 빠른 전송을 위해 2계층 통신을 사용하는 CCN을 제안한다. 그리고 기존의 CCNx 전송과 제안된 전송을 실험을 통해 비교한다.

1. 서 론

네트워크 트래픽은 몇 년 사이 상상을 뒤엎을 만큼 거대하게 증가했고 또한 증가하고 있다. 세계 모바일 네트워크 트래픽이 2014년 연평균 30엑사바이트(Exabyte, 이하 EB)로 증가되었는데 2019년에는 292EB에 달할 것으로 전망된다[1]. 이러한 폭발적인 트래픽 증가의 원인 중 하나로 만물 인터넷(IoE, Internet of Everything)의 등장을 꼽을 수 있다. 모든 것들이 인터넷에 연결되어 상호작용을 하는 것이 강조되기 때문에 모든 센서 장비들이 인터넷에 연결되고 인터넷에 연결되지 않았던 장비도 인터넷에 연결되어 거대한 트래픽을 생성해낸다[2]. 최근 2년 동안 세계적으로 센서의 수는 43억개에서 230억개로 늘었다[3]. 이와 같이 폭발적으로 증가하는 센서 네트워크[4] 트래픽을 효율적으로 관리하거나 줄일 수 있는 시스템이 필요하다. 이와 같은 트래픽 문제를 해결하기 위한 미래 인터넷 기술로 각광받고 있는 CCN(Content-Centric Networking)[4]을 적용할 수 있다. CCN은 라우터가 콘텐츠를 전달 할 때 콘텐츠를 저장하여 이후 발생하는 같은 콘텐츠 요청에 콘텐츠를 바로 전달할 수 있는 장점을 가진다. 하지만 CCN은 IP위에서 동작하기 때문에 센서 네트워크에서 불가피한 3, 4계층 헤더 딜레이가 생성되어 전송이 느려진다. 본 논문에서는 센서 네트워크에 CCN을 적용할 때 전송 시 발생하는 지연을 최소화하여 더 빠른 전송을 가능하게 하는 방법을 제안한다. 또한 이 방법이 기존의 CCN전송을 이용했을 경우와 비교하여 얼마나 더 좋은 성능을 보이는지 평가한다.

2. 관련 연구

2.1. CCN & CCNx

기존 TCP/IP 네트워크에서는 IP주소를 기반으로 하여 단대단 연결을 맺고 요청 패킷에 목적지 IP주소를 내포시켜서 패킷을 전달한다. 하지만 CCN은 IP주소를 가지고 이웃 노드와 Hop-by-hop 연결을 맺지만 요청 패킷에는 목적지에 대한 정보가 내포되어 있지는 않다. 오직 요청하는 콘텐츠의 이름만으로 요청 패킷을 보낸다. 이때 콘텐츠를 요청하는 패킷을 인터레스트(Interest)라고 부른다. CCN의 가장 큰 특징 중 하나는 CS(Contents Store)이다. CCN노드는 전달되는 콘텐츠를 CS에 저장하고 이후에 같은 콘텐츠를 요청하는 인터레스트를 수신하게 되면 서버로 인터레스트를 포워딩하지 않고 CS에 저장하고 있는 콘텐츠를 바로 전달해 준다. 이로써 CCN은 TCP/IP 네트워크에서 발생할 수 있는 서버로 요청이 집중되는 과부하 문제를 해결 할 수 있다. 또한 서버까지 요청이 전달되었다가 콘텐츠를 받지 않고 요청이 중간 라우터까지만 전달되었다가 콘텐츠를 받기 때문에 전송시간 면에서도 이점을 가진다고 할 수 있다. 그리고 CCN은 중복되는 콘텐츠 요청을 인지하기위해 수신된 인터레스트를 관리하는 PIT(Pending Interest Table)를 가지고 있고 이웃노드와 연결된 페이스를 관리하는 FIB(Forwarding Information Base)가 있다. 인터레스트를 받은 CCN노드는 그 인터레스트를 PIT에 저장하고 어느 노드에서 온 인터레스트인지 알기위해 FIB에 페이스 정보를 저장한다. 이후 인터레스트가 도착하면 PIT에서 같은 인터레스트가 있는지 확인 후 있다면 FIB에서 어느 페이스에서 온 인터레스트인지 경로를 확인 후 CS에서 콘텐츠를 가져와서 전달해준다.

CCNx는 PARC연구소에서 CCN을 실현하기 위해 연구개발하고있는 C언어로 만들어진 오픈소스 플랫폼으로 2009년 CCNx 0.1.0버전을 시작으로 현재는 CCNx 1.x 버전 출시가 임박하고 있다. CCNx에 대한 내용으로는 CCNx홈페이지를 참고하면 자세히 알 수 있다[5].

This research was funded by the MSIP (Ministry of Science, ICT & Future Planning), Korea in the ICT R&D Program 2015.

*Dr. CS Hong is the corresponding author.

2.2. 만물 인터넷(IoE, Internet of Everything)

만물 인터넷은 모든 만물이 인터넷에 연결되어 데이터를 생성해 내며 그 생성된 방대한 데이터를 가지고 새로운 부가가치를 창출해내는 것을 말한다. 사람과 사람 사이에서 데이터가 생기기도하고 사람이 장치를 다루면서 데이터가 생기기도하고 장치와 장치가 통신하면서 데이터가 생기기도 한다. 이러한 모든 것(Everything)들로부터 얻어지는 대량의 데이터를 가공하여 새로운 서비스를 제공한다.

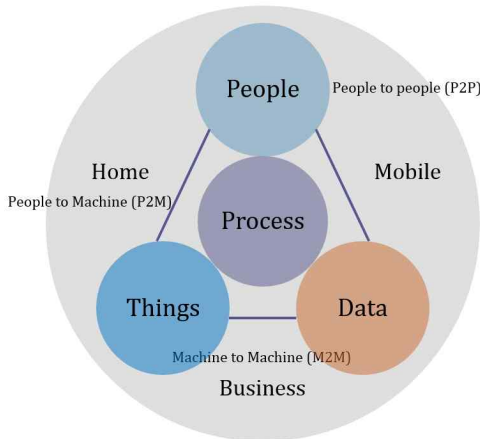


그림 2 만물 인터넷 개념도

2.3 무선 센서 네트워크(WSN, Wireless Sensor Network)

각종 센서에서 발생하는 정보를 무선으로 수집할 수 있도록 구성된 네트워크를 말한다. WPAN, Ad-hoc network 등의 기술이 발전함에 따라 센서 네트워크 기술이 같이 발전하고 있다. 센서의 종류로는 온도, 가속도, 위치 정보, 압력, 지문, 가스, 습도, 조도, 기율기 등 매우 다양하게 존재한다. 최근에는 만물 인터넷의 등장으로 센서들의 종류와 기능이 더 다양해졌다.

3. 본론

3.1. CCNx의 문제점

CCNx는 콘텐츠 이름을 중심으로 인터레스트와 데이터가 전달되는데 노드와 노드간 연결은 페이스를 통해 TCP/IP로 Hop-by-hop 연결이 이루어져 있다. CCNx 노드가 인터레스트나 데이터를 이웃 노드로 전달할 때 IP를 사용하기 때문에 3계층에서 IP헤더가 붙는다. 그리고 2계층에서 2계층헤더가 붙어서 전달되어 다음 홉으로 이동한다. 그림 2는 기존의 CCNx에서 사용하는 통신 스택의 구조도다. 클라이언트에서 3, 4계층의 TCP/IP헤더가 붙으면서 지연이 생기고 중간의 중계노드에서 인터레스트 처리를 위해 헤더를 확인해야하는 지연이 다시 생긴다. 그리고 최종적으로 인터레스트를 받은 센서는 데이터를 또 다시 3, 4계층 헤더를 붙여서 전달해야한다. 이 과정에서 중계노드와 클라이언트는 데이터를 받을 때 3, 4계층 헤더를 또 확인해야 하므로 지연이 지속적으로 생기게 된다. 따라서 CCNx 노드 내의 패킷이 각 계층의 헤더가 붙기 때문에 지연이 불가피하게 발생한다. 무선 센서 네트워크에서는 센서로 저사양의 임베디드 장비가 주로 사용되고 작은 크기의 센서 데이터 값이 전달된다. 하지만

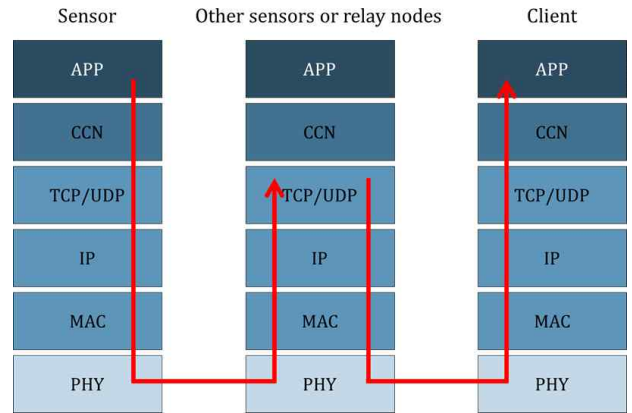


그림 1 CCNx 통신 스택

사물 인터넷(IoT, Internet of Things) IP를 사용하는 CCNx를 적용하기에는 적절하지 않아 보일 수 있다.

3.2. 센서 데이터 지연 최소화를 Low-Latency CCNx 제안

본 논문에서는 3, 4계층 통신을 처음 이웃노드와 릴레이 연결을 맺을 때만 사용하고 이후에 데이터를 전송할 때는 그림 3과 같이 2계층 통신을 사용하는 방법을 제안한다. 센서 네트워크에서 전달되는 센서 데이터들은 아주 작은 크기의 값들이고 데이터를 생산하는 센서 또한 저사양의 임베디드 장치다. 따라서 인터레스트와 데이터 패킷의 구성이 간단해야 한다. 본 논문에서는 CCNx 센서 네트워크를 목표로 하는 LLCCNx(Low-Latency CCNx)을 제안한다.

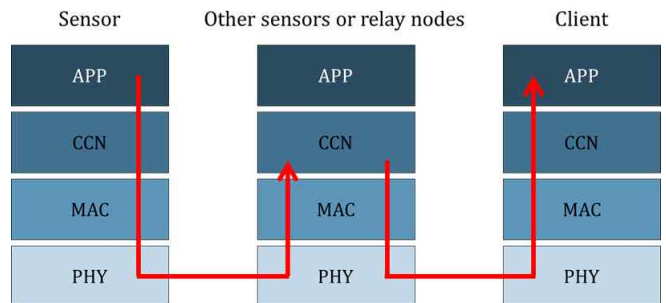


그림 3 제안된 CCNx MAC 통신 스택

3.3. Low-Latency CCNx의 구조

그림 4는 인터레스트 패킷과 데이터 패킷의 구조를 보인다. 빠르게 센터 데이터를 요청하고 받기 위해 간단한 구조를 가진다. 인터레스트 패킷은 간단하게 Type과 ContentName을 가진다. Type은 이 패킷이 인터레스트 패킷인지 데이터 패킷인지 구분하기 위함이다.

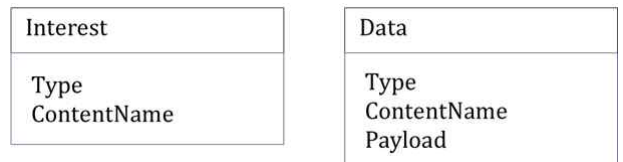


그림 4 인터레스트 패킷과 데이터 패킷의 구조

ContentName은 원하는 데이터를 가지는 센서의 이름을 가진다. 데이터 패킷은 Type과 ContentName 외에 실제

센서 데이터를 포함할 Payload를 추가로 가진다. 센서 데이터는 데이터 프레임이 허용할 수 있는 범위 내의 크기를 갖기 때문에 하나의 청크면 충분하다. 그래서 총 데이터의 길이나 시퀀스 번호를 따로 가질 필요가 없다. 센서 데이터 전송을 위한 PIT와 FIB 또한 다음과 같은 간단한 구조를 가진다.

PIT		FIB	
Face	SensorName	Face	MAC
1	TempSensor	1	00:00....
1	LightSensor	2	00:50....
2	GPS	3	00:29....
..
..

그림 5 PIT와 FIB 구조

PIT에는 인터레스트가 들어온 페이스 번호와 요청된 센서의 네임스페이스가 담긴다. FIB에는 연결된 페이스에 해당하는 이웃노드의 맥주소가 담기고 페이스 번호가 넘버링 된다.

4. 성능 평가

4.1. 평가 시나리오

CCN 센서 네트워크의 저지연 MAC 전송의 성능을 확인하기 위해 다음 그림 5와 같은 특정 테스트베드 시나리오를 구축한다.

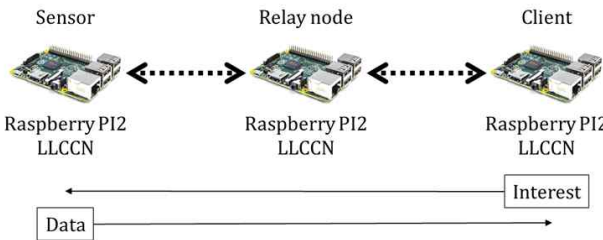


그림 6 테스트베드 시나리오

첫 번째 실험은 기존 CCNx 0.8.2 버전에서 전송을 개선한 [6]에서 제안된 방법으로 클라이언트 노드에서 릴레이 노드를 거쳐 센서 노드로 인터레스트를 보내서 센서 데이터를 받을 때까지의 시간을 20번 실행하여 측정한다. 그리고 두 번째 실험으로는 같은 테스트베드 환경에 CCNx 0.8.2 대신 LLCCN을 설치하여 클라이언트 노드에서 인터레스트를 보내고 센서 데이터를 받을 때까지의 시간을 20번 측정한다. 그리고 첫 번째 실험의 결과와 두 번째 실험의 결과를 비교해본다.

4.2. 실험 결과

그림 7의 실험 결과 그래프를 보면 LLCCN의 MAC전송의 시간이 CCNx에서의 개선된 전송의 시간보다 조금 더 빠른 결과를 보인 것을 알 수 있다. 그래프의 가로축은 20번의 실험 수행을 의미하고 세로축 전송시간의 단위는 초를 의미한다. CCNx에서의 개선된 전송과 LLCCN의 MAC전송의 차이가 적게 난 이유는 다음으로 예상된다. 실험이 이루어진 라즈베리파이2의 경우 성능이 이전 버전보다 개선되었기 때문에 차이가 적게 난다고 판단된

다. 그리고 3개의 노드를 테스트베드로 사용했기 때문에 앞서 3.1절에서 설명한 딜레이 문제가 적게 나타난다.

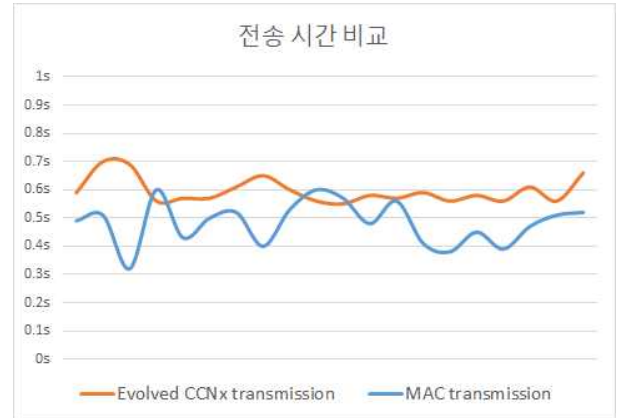


그림 7 전송 실험 결과 그래프 (20번 수행)

좀 더 규모가 큰 테스트베드(10개 이상의 노드)에서 실험을 한다면 좀 더 명확하고 좀 더 전송 시간의 차이가 큰 결과가 나타났을 것이다.

5. 결론

콘텐츠 중심 네트워킹이 적용된 무선 센서 네트워크에서 데이터 전송 딜레이를 줄이기 위해 2계층 통신을 사용한 데이터 전송 방법을 제안했다. 저사양 센서를 위한 간단한 구조를 제안했으며 이를 바탕으로 구현한 프로토타입을 이용해 테스트베드를 구축해 실험한 결과, CCNx를 개선한 방법보다 조금 나은 결과를 보였다. 하지만 테스트에 사용한 LLCCN은 프로토타입이기 때문에 기능이 강화되어 완성된다면 프로세싱시간이 증가할 가능성도 있다. 따라서 향후 연구로는 LLCCN을 완성하고 더 큰 테스트베드를 구축하여 실험할 것이다.

6. 참고 문헌

- [1] Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update 2014-2019 White Paper
- [2] Internet of Everything, IoE [Online]. Available: <http://www.cisco.com/web/about/ac79/innov/IoE.html>
- [3] Robert Pepper, "Internet of Things and BigData: Chance and challenge", 2014 Global ICT Premier Forum, Busan, Oct, 2014
- [4] Priyanka Rawat, Kamal Deep Singh, Hakima Chaouchi, Jean Marie Bonnin, "Wireless sensor networks: a survey on recent developments and potential synergies", The Journal of Supercomputing, April 2014, Volume 68m, Issue 1, pp 1-48
- [4] V. Jacobson, D. K. Smetters, J. D. Thornton, M. F. Plass, N. H. Briggs, R. L. Braynard, "Networking Named Content", CoNEXT 2009, Rome, Dec, 2009.
- [5] CCNx [Online]. Available : <http://www.ccnx.org>
- [6] DooHo Lee, Sungwon Lee, Choongseon Hong, "The study for efficient contents delivery at the low-spec-device applied CCNx", KIISE 2014, Dec 2014, 895-896