

스마트 오브젝트를 위한 Non-OS TCP/IPv6 Stack 의 구현

허봉준*, 이재호**, 김수환**, 이영수**, 이정태*

*부산대학교 컴퓨터공학과

**㈜위즈넷 부설연구소

e-mail : wiznxt@gmail.com

Implementation of Non-OS TCP/IPv6 Stack for Smart Object

Bongjun Hur*, Jaeho Lee**, Soohwan Kim**, Youngsu Lee**, Jungtae Lee*

*Dept. of Computer Science, Pusan National University

**R&D, WIZnet

요 약

스마트 그리드를 비롯하여 사물에 네트워킹 기능이 요구됨에 따라 IP 주소 고갈 문제가 심각한 문제로 대두되고 있다. 아울러 스마트 오브젝트는 제한된 자원으로 인하여 저전력 소모가 요구된다. 이에 따라 본 연구에서는 Non-OS 환경에서 수행되는 TCP/IPv6 Stack 을 구현하였다. 본 연구에서 구현한 TCP/IPv6 Stack 은 3 개의 기능 모듈로 구성되어 있다. 아울러 이 모듈은 사용자 인터페이스와 하부 통신 기술에 종속되지 않게 구현하여, 확장성과 유연성에 장점을 가지고 있다. 그리고, 실험을 통해 2.5 Mbps 정도의 성능을 보여주었고 기존의 IPv6 망과의 호환성을 검증하였다.

1. 서론

최근에는 Web, SNS 등의 인터넷을 기반으로 한 사람들 사이의 통신 서비스 뿐만 아니라, 온도, 진동, 날씨, 습도 등을 측정하는 단순한 센서부터 수도/전기 계량기, 공장자동화 처리기기, 디스플레이 장치 등의 다양한 임베디드 장치에 이르기 까지 다양한 사물들이 단순한 본연의 기능을 수행하는 것을 벗어나 “네트워킹 기능”을 가진 “스마트 오브젝트”가 되고, 이를 활용한 실제 응용 서비스가 다양하게 개발 발전되고 있다.^{[1][2]} 다시 말해, 스마트 오브젝트는 임베디드 장치에 IP 를 포함한 다양한 상위의 인터넷 프로토콜을 처리하고 제어하는 기능이 내부에 구축되어 있어, 언제 어디서나 인터넷에 손쉽게 접속할 수 있도록 해주는 전자기기를 지칭하는 말인 것이다. 그러나, 이러한 스마트 오브젝트들은 초소형, 저전력, 저비용을 만족해야 하는 특징을 가지고 있어 휴대폰, 태블릿, 노트북과 같은 고성능의 모바일 컴퓨팅 기기들과는 차별화된다.

그래서 현재의 스마트 오브젝트의 응용에는 저전력의 Wireless 통신을 지원하는 ZigBee 기술이 많이 사용되고 있다. 그러나, 이러한 기술은 유비쿼터스 네트워크 시대에 요구되는 엄청난 수의 스마트 오브젝트를 각각 직접 제어하기가 어렵다. 그리고, 이를 해결하기 위해 이기종 망을 연결해 주는 라우터나 게이트웨이와 같은 중간 장치를 별도의 설치와 관리의 비용을 추가하더라도, 이것이 할당할 수 있는 주소에도 한계가 있을 수 밖에 없고, 이를 통해 스마트 오브젝트를 하나하나 제어하기 위해서는 NAT, Tunneling 과 같은 별도의 기술이 추가되어야 하는 등의 어려움이 많다. 이러한 어려움은 이미 지난 20 년 동안의 기존 인터

넷의 기술발전과정에서 경험하고 인지하고 있다.^[3]

그러므로, 스마트 오브젝트의 네트워킹을 지원하는 가장 좋은 방법은 각각의 스마트 오브젝트에 개별적으로 IP 주소를 부여하는 것인데 지금 사용하고 있는 IPv4 주소 체계의 경우, 2012 년이면 기존의 주소가 거의 고갈될 것으로 예상되므로, 추가로 스마트 오브젝트에 IPv4 주소를 부여하는 것은 불가능하다.^[4]

따라서 이를 해결할 수 있는 IPv6 가 훌륭한 유일한 대안이다. IPv6 를 사용하게 되면, 각각의 스마트 오브젝트에 주소를 할당해서 각각의 기기들이 개별적으로 큰 변경이나 장비의 도움 없이 기존의 인터넷 프로토콜로 통신을 하는 것이 가능해지고, 이로 인해 사용자나 각각의 스마트 오브젝트끼리 통신하고 제어하는 것이 가능해진다.

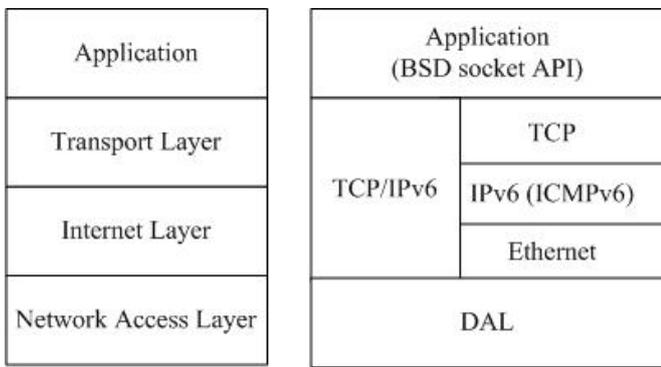
이러한 IPv6 는 이미 Contiki^[5], FreeRTOS^[6] 등 다양한 RTOS 에서 지원하고 있다. 하지만 단지 네트워킹 기능을 지원하기 위해 별도의 RTOS 를 설치하는 것은 리소스의 제한이 있고 소형이 되어야 하는 스마트 오브젝트에는 큰 부담이 되고, 이러한 RTOS 를 운영하기 위한 자체의 전력소모도 많아진다. 따라서 스마트 오브젝트에는 이러한 RTOS 환경이 적합하지 않다고 볼 수 있다. 그리고, 이미 uIPv6 stack^[5] 같이 RTOS 를 사용하지 않는 Firmware 기반의 IPv6 stack 도 존재한다. 그러나 이 stack 은 모듈화를 기반으로 구현되어 있지 않아 스마트 오브젝트가 가져올 수 많은 다양한 새로운 응용 환경에 적응하기 어렵고, 기존의 기능의 추가, 수정, 관리와 더불어 성능의 향상이 힘들다. 또한 다른 기기 혹은 다른 모듈과 연결하려 할 때 확장성이 떨어진다.

그래서 본 논문에서는 이미 계층화 되어 있는 인터

넷 프로토콜을 기반으로 하여 설계의 모듈화를 통해 위에서 언급된 모든 단점을 해결한 Non-OS TCP/IPv6 Stack 을 구현하고자 한다.

2. TCP/IPv6 Stack

그림 1. 은 본 논문에서 제안한 인터넷 프로토콜 계층 기반의 TCP/IPv6 Stack 을 도식화 한 것이다. 제안된 TCP/IPv6 Stack 에는 인터넷 프로토콜의 각 계층별 기능의 유지보수와 재사용을 위하여 인터넷 프로토콜 계층 기반으로 한 모듈화 기법을 사용하였다. 제안된 Stack 은 크게 Driver Adaptation Layer (DAL), TCP/IPv6 layer, BSD socket API Layer 3 개의 기능 모듈로 구성된다.



TCP/IP 4 Layer The proposed TCP/IPv6 stack
(그림 1) TCP/IPv6 stack block diagram

2.1 DAL Layer

DAL layer 는 TCP/IPv6 Stack 과 Physical (PHY) 및 Media Access Control (MAC) Layer 를 연결해 주는 TCP/IPv6 Stack 중 최하의 계층이다. DAL layer 는 상위 프로토콜 처리계층을 변경하지 않고 다양한 형태의 유선, 무선의 PHY 및 MAC chip 을 지원할 수 있다.

2.2 TCP/IPv6 Layer

TCP/IPv6 layer 는 Ethernet, IPv6, TCP 등 핵심적인 인터넷 프로토콜의 처리 기능이 구현되어 있다. 일반적인 IPv6 호스트 노드에 필수적으로 구현해야 하는 기능에 대한 정의는 IPv6 Host Requirements^[7] 에 찾아 볼 수 있으며 본 논문에서는 소형의 스마트 오브젝트에 기본적인 네트워킹 기능에 필요한 스펙을 아래와 같이 정의하여 구현하였고, 이를 기반으로 TCP 데이터 송수신 실험을 수행하였다.

- Basic IPv6 Header
- Internet Control Message Protocol Version 6 (ICMPv6)
 - NS (Neighbor Solicitation)
 - NA (Neighbor Advertisement)
 - RS (Router Solicitation)
 - RA (Router Advertisement),
 - Echo Request
 - Echo Reply

그리고, IPv6 의 가장 큰 특징으로 볼 수 있는 자동 주소 할당 기능^[8] 을 구현하기 위해 인터페이스 ID 자동 생성기능^[9] 및 DAD (Duplicate Address

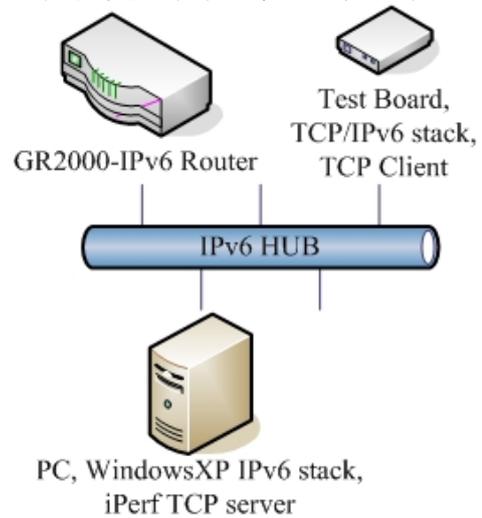
Detection)^[10] 기능을 구현하여 스마트 오브젝트가 큰 어려움 없이 자신의 유일한 IPv6 주소^[11] 를 할당할 수 있게 하였다.

2.3 BSD socket API Layer

BSD socket API Layer 는 응용개발을 위한 네트워크 프로그래밍을 위한 인터페이스 계층으로 TCP/IPv6 Layer 를 개발자들이 익숙한 BSD socket API 와 동일한 형태로 사용할 수 있는 서비스를 제공하기 위해 구현되는 계층이다. 이 계층은 관점에 따라 효율성, 최적화를 저해하는 부분으로 생각되지만, de facto 처럼 거의 표준화 되어 있는 BSD socket API 를 지원하는 것이 다양한 새로운 응용을 개발해야 하고, 여러 기기와의 통신을 지원해야 하는 스마트 오브젝트 환경에서는 필수적인 요소인 것으로 판단하여 추가적으로 구현되었다. 따라서, 본 논문에서 제안된 TCP/IPv6 stack 의 사용자는 매우 익숙한 BSD socket API 환경에서 쉽게 응용프로그램을 구현할 수 있다.

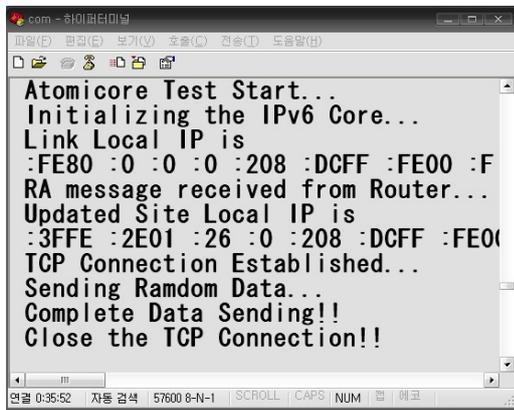
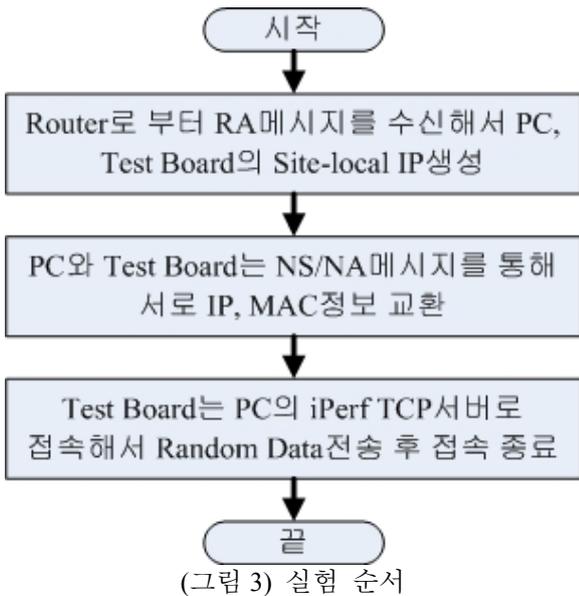
3. 구현 및 실험

시험망의 구성은 아래 그림 2. 와 같다.



(그림 2) 시험망 구성

구현된 시험망에서 테스트는 아래 그림 3.과 같은 순서로 진행하였다. 시험망에 사용한 Test Board 는 WIZNET 의 W5100-AVR EVB^[12]에 TCP/IPv6 stack 을 올려서 구성했다. 그림 4 는 실험 순서에 따른 test board 의 serial 출력이다. 그리고 그림 5 는 시험망에 연결된 PC 에서 캡처한 네트워크 패킷들을 보여주고 있다. 내용을 살펴보면, Test board 가 RS 를 요청하면 라우터는 RA 를 송신하고, 이 메시지를 활용해서 site-local 주소를 생성한 board 는 NA 메시지를 시험망에 전송하는 것을 확인할 수 있다. 그리고 PC 의 iPerf^[13] TCP 서버에 접속해서 random data 를 송신한 다음 연결을 종료한다.

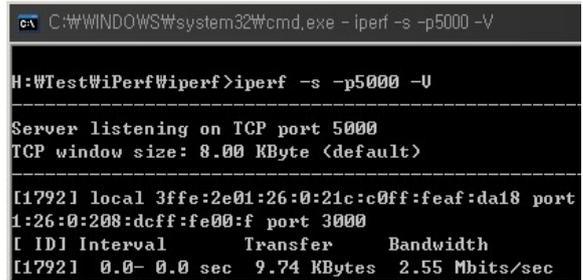


(그림 4) Test board의 serial 출력화면

Time	Source	Destination	Protocol	Info
7.999539	fe80::200:8:ff02::1	ff02::1	ICMPv6	Router advertisement
20.767627	fe80::208:d:ff02::2	ff02::2	ICMPv6	Router solicitation
20.809843	fe80::200:8:ff02::1	ff02::1	ICMPv6	Router advertisement
20.828185	3ffe:2e01:2:ff02::2	ff02::2	ICMPv6	Neighbor advertisement
23.039180	fe80::208:d:ff02::2	ff02::2	ICMPv6	Router solicitation
23.039642	3ffe:2e01:2:ff02::1:ffaf	ffaf	ICMPv6	Neighbor solicitation
23.039663	3ffe:2e01:2:3ffe:2e01:26	3ffe:2e01:26	ICMPv6	Neighbor advertisement
23.040941	3ffe:2e01:2:ff02::1:ffaf	ffaf	ICMPv6	Neighbor advertisement
23.041411	3ffe:2e01:2:3ffe:2e01:26	3ffe:2e01:26	TCP	hbci > avt-profile-2 [SYN]
23.041446	3ffe:2e01:2:3ffe:2e01:26	3ffe:2e01:26	TCP	avt-profile-2 > hbci [SYN]
23.047189	3ffe:2e01:2:3ffe:2e01:26	3ffe:2e01:26	TCP	hbci > avt-profile-2 [ACK]

(그림 5) PC의 Packet 캡처 화면

마지막으로, 그림 6에서와 같이 TCP/IPv6 프로토콜을 이용한 네트워크 연결 및 데이터 전송이 정상적으로 이루어졌고, IPPerf를 이용한 성능 평가 결과 2.55Mbps/sec의 속도가 나오는 것을 확인할 수 있었다.



(그림 6) TCP/IPv6 Stack을 이용한 데이터 전송 결과

4. 결론

본 논문에서는 스마트 오브젝트를 위한 Non-OS TCP/IPv6 Stack의 구현에 대해 기술하였다. 또한 본 연구에서는 스마트 오브젝트의 새로운 응용 개발과, 기능의 유지보수 및 확장성을 고려하여 DAL Layer, BSD Socket API Layer 및 인터넷 프로토콜 계층을 기반으로 한 TCP/IPv6 Layer 크게 3개의 기능 블록으로 구성되는 모듈화된 설계 방식을 제안하였다. 그리고, 제안한 Non-OS TCP/IPv6 Stack이 IPv6 시험망에서 정상적으로 동작함을 확인하였다.

또한, 본 논문에서 제안한 방법은 RTOS를 사용하지 않고 구현함으로써 리소스가 제한이 있는 소형 스마트 오브젝트에 더 적합한 Stack으로 구현할 수 있었다. 더 나아가 DAL layer의 구성으로 인해 추후 TCP/IP layer의 변동 없이 Wireless LAN 등 다양한 망에 유연하게 대응할 수 있다.

참고문헌

- [1] ITU-T Y.2002, "Overview of ubiquitous networking and of its support in NGN," 2009, 10.
- [2] TTA Standard Weekly, 2010-26
- [3] "IP for Smart Objects, Internet Protocol for Smart Objects (IPSO) Alliance", White paper #1, Version 1.1
- [4] "Next Generation Internet: IPv4 Address Exhaustion, Mitigation Strategies and Implications for the U.S, An IEEE-USA" White Paper, 2009
- [5] "Contiki, The Operating System for Connecting the Next Billion Devices - the Internet of Things" : "http://www.sics.se/contiki/"
- [6] FreeRTOS : "http://www.freertos.org/"
- [7] Jari Arkko et al., "IPv6 Node Requirements", RFC 4294, April 2006
- [8] Susan Thomson et al., "IPv6 Stateless Address Autoconfiguration", RFC 2462, December 1998
- [9] Stephen E. Deering et al., "Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification", RFC 2460, December 1998
- [10] Narten et al., "Neighbor Discovery for IP Version 6 (IPv6)", RFC 2461, December 1998
- [11] Robert M. Hinden, "Proposed TLA and NLA Assignment Rule", RFC 2450, December 1998
- [12] W5100E01-AVR, WIZnet Inc., "http://www.wiznet.co.kr/Sub_Modules/en/product/Product_Detail.asp?cate1=5&cate2=7&cate3=26&pid=1074"
- [13] IPPerf : "http://iperf.sourceforge.net/"