

# 정보가전을 위한 마이크로TCP/IP의 설계

김태준<sup>0</sup> 김성조

중앙대학교 컴퓨터 공학과

tjkim@konan.cse.cau.ac.kr, sjkim@cau.ac.kr

## Design of Micro TCP/IP for Information Appliances

Tae-june Kim<sup>0</sup> Sung-jo Kim

Dept. of Computer Science & Engineering, Chung-Ang University

### 요 약

인터넷의 급속한 확산 및 기술 발전에 따라, 기존에 오프라인으로 이루어지던 많은 일들이 인터넷을 통해 온라인으로 처리 가능함에 따라 비용 및 시간을 크게 절감시킬 수 있었다. 그러나 이런 모든 일들은 주로 PC를 통해 이루어지며, PC이외의 가전에서 인터넷과 연동은 대중화되지 못하였다. 이는 비용 문제 뿐만 아니라, 기존 PC에서 사용하던 TCP/IP 프로토콜 스택을 가전제품에 탑재하기에는 크기가 너무 크 기 때문이다. 본 논문에서는 이를 위해 가전제품에 탑재할 수 있으며, 인터넷과 연동이 가능한 기능 축약 된 마이크로 TCP/IP를 설계하고 구현하였다.

### 1. 서 론

인터넷의 급속한 확산 및 기술 발전에 따라 국내의 인터넷 이용자가 이미 2,000만 명을 넘어섰다. 또한, ADSL과 케이블모뎀 등의 초고속 인터넷 기술이 우리 생활 깊숙이 유입되면서, 초고속 인터넷 서비스 이용자도 600만 명을 넘어선 것으로 보고되고 있다. 이 외에도 PC, 노트북, 개인 휴대용 단말기(PDA), 휴대폰 등이 급속히 보급됨에 따라 우리는 그야말로 네트워크 시대의 한 가운데에 서있다 해도 과언이 아니다. 더구나 점점 인터넷 이용자가 증가함에 따라 이러한 기술들을 가정 내 응용 분야로 확대 적용한 정보가전 기기의 보급이 늘어나고 있다. 뿐만 아니라, 인터넷 및 가전 기기의 통합으로 인해 전자상거래, 온라인 게임, 멀티미디어 정보서비스 등이 활성화되면서 홈 네트워크를 이용하여 이 각종 정보가전 기기 및 정보통신 서브시스템간의 통신 기술이 필요로 하게 되었다. 이렇게 네트워크를 통해서 정보를 전송하거나 수신할 수 있는 가전을 정보가전이라고 하는데, 크게 보면 임베디드 시스템의 한 부분이다.

임베디드 시스템이란 자동차, 가전제품, 이동전화기, PDA 등의 기계가 특정한 기능을 수행할 수 있도록, 기계 내부에 CPU를 포함한 하드웨어와 특정 기능을 제어하는 S/W가 조합된 컴퓨터 제어 시스템을 말한다. 이런 임베디드 시스템의 예로는 주위의 밝기에 따라 조도가 바뀌는 스탠드, 자동 온도 조절 에어컨, 다양한 편리 기능을 갖춘 TV, TV에 장착해 인터넷 서비스를 구현하는 셋탑 박스(Set-Top Box), 냉장고, 전자 레인지, 전기밥솥 등 다양하다. 이제는 TV나 냉장고 등의 가전제품들도 인터넷과 결합하여 스스로 인터넷 상에서 정보를 얻어오거나 인터넷을 통해 제어할 수 있는 기능도 개발되는 추세이다.

정보가전의 응용분야 확대를 위해 필요한 기술로는 실시간 운영체제(RTOS: Real-Time Operating System), 홈 게이트웨이, 미들웨어, 무선 및 유선 통신 기술 등이 있으며, 이 외에도 보안 기술, 임베디드 시스템 등 여러 가지 새로운 기술들이 개발되어야 할 필요가 있다. 이를

위해서 우선 TCP/IP 프로토콜 스택의 개발이 선행되어야 한다. TCP/IP 프로토콜은 모든 소프트웨어 및 하드웨어에 독립적이고, 고장 처리를 하는 능력, 높은 에러 처리 능력, 낮은 데이터 오버헤드에서 효과적인 서비스의 수행능력 그리고 서비스의 중단없이 다른 네트워크를 추가할 수 있는 기능 등의 장점을 가지고 있다. 이러한 TCP/IP 프로토콜이 임베디드 시스템에서 사용될 수 있도록 마이크로 TCP/IP 프로토콜 스택을 개발하고, 이를 정보가전의 통신기술에 적용하여 성능 및 가격 면에서 유리한 시스템이 만들어져야만 할 것이다. 본 논문에서는 이를위해 정보가전에 적합한 마이크로 TCP/IP 프로토콜 스택을 설계하고 구현한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 관련연구로 정보가전의 특성 및 TCP/IP 프로토콜 스택의 요구사항을 기술하고, 3절에서는 본 연구에서 설계 및 구현한 마이크로 TCP/IP 프로토콜 스택에 대해 설명한다. 마지막으로 4절에서는 결론 및 향후 연구 과제에 대하여 기술한다.

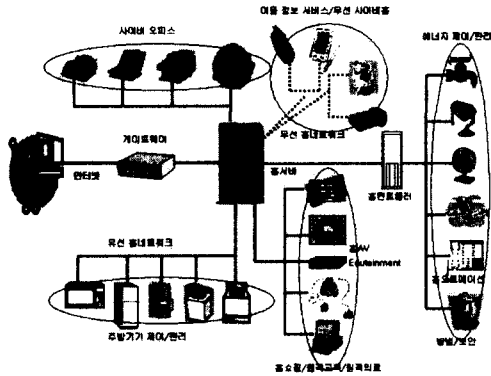
### 2. 관련연구

#### 2.1 정보가전의 특성

최근 디지털과 인터넷의 빠른 확산으로 일반 가정에서의 인터넷 사용자가 급격히 늘고 있고, 이에 따라 인터넷을 통해 정보를 공유함으로써 보다 많은 이득을 얻을 수 있게 되었다. 이와 더불어 2002년에 개시될 디지털 TV 시대와 IMT-2000 서비스의 개시로 유·무선 홈 네트워크와 인터넷을 연동하여 홈 씨어터 서비스, 원격 가전 기기 및 정보 기기를 제어하거나 활용할 수 있는 인터넷 정보가전에 대한 수요가 빠르게 증가되고 있다.

[그림 1]은 복합적이고 다양한 제품과 기술로 구성되어 있는 정보가전의 개념도를 나타낸 것이다. 정보가전은 유·무선 네트워크, 전력선, 위성과 연결된 홈 네트워크를 이용해 데이터 송수신이 가능한 디지털 TV, 인터넷 냉장고, DVD, 디지털 비디오 등 지능형 단말을 융합한 차세대 네트워크 기술이다. 인터넷 정보가전 산업은 기존

의 가전제품에 정보기술 및 통신기술을 이용한 여러 가지 형태의 서비스를 제공하는 정보 단말기와 관련 소프트웨어, 응용 및 서비스, 네트워크 기술 등을 포함한다.



[그림 1] 정보가전 개념도

정보가전 기기가 백색 가전제품에서부터 디지털 정보 가전을 거쳐 인터넷 정보가전으로 발전함에 따라 단순한 제어 프로그램에서부터 인터넷, 통신, 멀티미디어 및 분산 환경의 지원에 이르기까지 다양한 기능이 정보가전 기기를 위한 운영체제로부터 요구되고 있다. 이러한 기능을 효과적으로 지원하기 위해서는 기기의 종류에 따라 다양한 기능을 선택적으로 제공할 수 있는 조립성과 실시간 응용을 지원하는 개발 도구가 필수적이다.

**2.2 정보가전용 TCP/IP 프로토콜 스택의 요구사항**

20여년 전에 개발된 TCP/IP는 현재 LAN이나 WAN을 이용한 네트워크 환경에서 가장 보편적으로 사용되는 프로토콜로서 그 사용분야가 임베디드 시스템 환경까지 확대되고 있다. 그러나 현재 거의 모든 시스템들이 이더넷 기반의 네트워크 상에서 이기종 컴퓨터간의 통신을 위한 기준으로 TCP/IP 프로토콜을 사용하지만, 아직 마이크로 컨트롤러 및 임베디드 시스템, 지능형 데이터 시스템은 이를 제대로 지원하지 못하고 있다. 현재 사용되고 있는 정보가전용 임베디드 TCP/IP 스택은 버클리 대학에서 작성된 소스 코드를 기반으로 하고 있지만, 실시간 시스템 및 임베디드 시스템에 적합하지 않아 소스 코드의 수정이 요구되고 있다. 정보가전에서 실시간 처리 기능이 제공되기 위해서, 임베디드 시스템에서의 TCP/IP 스택은 다음과 같은 요구사항들을 만족시켜야 한다.

▶ 프로토콜 스택의 자원요구 최소화

임베디드 시스템은 PC에 비해 매우 적은 자원을 가지고 있다. 이런 시스템에서 TCP/IP 프로토콜을 처리하기 위해 많은 양의 자원을 사용할 수 없으므로, 프로토콜 스택의 기능축소와 프래그먼트 데이터그램의 처리가 필수적이다.

▶ 버퍼관리

낮은 사양의 자원을 갖는 시스템에서 성능향상을 위해서, 실행 시에 힙(Heap)으로부터 버퍼들을 할당하는 것

보다, 미리 할당된 버퍼들을 사용하는 것이 도움이 되며, 상위 프로토콜에서 수신된 데이터의 빠른 접근을 위한 기법이 필요하다.

▶ 데이터 복사의 최소화

효율적인 TCP/IP를 위해서는 데이터의 복사량을 최소화해야 한다.

**3. 마이크로 TCP/IP 프로토콜의 설계**

**3.1 프로토콜 스택의 자원요구 최소화**

본 연구에서 프로토콜 스택의 자원요구 최소화를 위해 중점을 둔 부분은 패킷 단편화에 관한 부분이다. IP 데이터그램은 사용 가능한 어떤 경로로도 전달될 수 있기 때문에 전달 장비에 의해 생성되는 모든 IP 패킷은 중계 네트워크에서 사용되는 매체의 MTU에 맞춰져야 한다. 이더넷 네트워크를 사용하면, 원래 데이터그램의 크기와 상관없이 IP 패킷은 1,500바이트 또는 그 이하의 크기로 생성되어야만 개별적인 개체로서 전송될 수 있다. 송신 시스템의 로컬 MTU보다 데이터그램이 크면, 시스템은 그 데이터그램을 로컬 전송에 알맞게 여러 개의 패킷으로 단편화해야 한다. 또 송신 시스템과 최종 수신 시스템 사이에서 이들 패킷이 어떤 네트워크 세그먼트를 지나가기에 너무 크면 해당 라우터에 의해 다시 단편화된다. 다양한 네트워크 토폴로지를 지원하기 위해서는 하나의 데이터그램이 각 네트워크 토폴로지의 MTU 크기에 맞는 여러 개의 조각으로 단편화되어야 한다. 그러나, 모든 단편화를 지원하기 위해서는 IP 데이터그램 크기보다 훨씬 큰 메모리가 필요하게 된다. 왜냐하면, 모든 패킷이 순서대로 도착한다는 보장이 없을 뿐더러, 하나의 호스트에서만 패킷이 온다고 가정할 수 없기 때문이다. 또한 상위 프로토콜이 사용하는 데이터그램 크기에 따라서 하나의 데이터그램이 여러 개의 패킷으로 나뉘어 져야한다.

IP의 상위 프로토콜 중에서 데이터그램 단편화와 관련이 깊은 프로토콜은 UDP를 사용하는 프로토콜들이다. TCP를 고려하지 않은 이유는 TCP는 연결 설정시 주고 받을 수 있는 데이터 세그먼트의 크기를 협상을 통해 미리 결정할 수 있기 때문이다. 반면에 UDP를 사용하는 상위 프로토콜들은 IP 데이터그램에 그대로 UDP 패킷이 실리기 때문에 데이터그램 단편화가 반드시 고려되어야 한다. [표 1]에 UDP를 사용하는 상위 프로토콜들의 데이터그램 크기가 정리되어있다.

[표 1]에서 NFS를 제외한 다른 UDP 응용 프로토콜은 512바이트 이하의 데이터그램을 사용한다. NFS를 제외하면, 이것은 IP 데이터그램이 이더넷 기반에서 예를 들면, 단편화되지 않고 하나의 프레임만을 이용하여 IP 데이터그램을 전송할 수 있다는 것을 의미한다. 보통 디스크가 존재하지 않는 자원 한정적인 정보가전에서 네트워크 파일 시스템을 사용하지 않는다고 가정하면, 가능한 모든 데이터그램 단편화의 지원 필요성은 줄어들게 된다. 이에 본 연구에서는 이더넷 이하의 토폴로지에서의 자원 소모를 줄이기 위해, 한 단계의 단편화, 즉 2개의 단편화된 패킷을 수용할 수 있도록 하였다. 이는 PPP, SLIP, 이더넷이 혼합되어 있는 네트워크를 지원하면서 정보가전 단말에서 적은 자원을 이용해서도 인터넷에 연

결할 수 있다는 것을 의미한다.

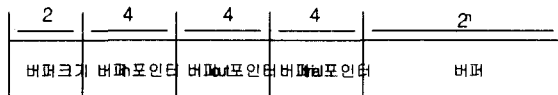
[표 1] 프로토콜별 데이터그램 크기

프로토콜 스택	데이터그램 크기
NFS	8192 바이트
RIP	512 바이트 이하
DNS	512 바이트 이하
TFTP	512 바이트 이하
BOOTP	512 바이트 이하
SNMP	512 바이트 이하

### 3.2 버퍼관리

수신된 프레임과 송신되어야 할 프레임은 우선 버퍼에 저장되는데, 이 버퍼를 관리하는 것이 버퍼 매니저이다. 버클리 TCP/IP에서는 일반적으로 mbuf를 이용한 링크드 리스트를 이용한 버퍼를 사용한다. 이 버퍼는 128바이트 길이를 갖는 여러 개의 버퍼를 링크드 리스트로 연결하여 데이터그램을 완성하게 된다. 이러한 버퍼관리는 들어오는 패킷마다 메모리를 할당하여 데이터그램이 완성될때까지 메모리에 남아있어서 모든 프래그먼트를 지원하는데 적당하다. 하지만 본 연구에서는 프래그먼트의 개수를 한정하였기 때문에 FITO(First In Trial Out)라는 링 버퍼를 사용한다.

[그림 2]는 FITO를 이용한 버퍼의 구조를 보여주고 있다. FITO는 기본적으로 FIFO와 동일하지만, trial 포인터를 하나 더 가지고 있는 것이 특징이다. 버퍼에서 데이터를 인출할 때, 원래 FIFO에서는 인출한 값만큼 out 포인터가 증가하지만, FITO에서는 데이터 인출 시 trial 포인터를 우선 증가시킨 후, 데이터 인출이 올바르게 이루어진 것이 확인되면 out 포인터를 증가시킨다. 이 방법은 데이터 재전송을 위해, 이전에 보낸 데이터를 따로 저장할 필요 없이 trial 포인터를 이용해서 어느 위치에서부터 재전송이 필요한 지를 결정할 수 있다.



[그림 2] FITO를 이용한 버퍼의 구조

이 FITO를 사용함으로써 얻을 수 있는 장점은 재전송을 고려한 버퍼관리를 간단히 할 수 있다는 점이다. 또한, 4바이트(32비트) 크기의 버퍼 포인터를 사용함으로써, TCP 레벨에서의 시퀀스 번호를 직접 버퍼 포인터로 사용할 수 있다. 이는 별도의 계산없이 TCP에서 버퍼에 바로 데이터에 접근할 수 있음을 의미한다.

### 3.3 데이터 복사의 최소화

수신된 패킷은 버퍼에 저장되어지며, 프로토콜 스택을 거치면서 해당 어플리케이션으로 전달되어진다. 버퍼에 저장된 패킷이 상위 프로토콜로 전달되기 위해 매번 데이터 복사를 한다면 많은 오버헤드를 유발하게 된다. 이

는 각 프레임 내부의 데이터는 같은 버퍼 안에 유지될 수 있기 때문에 각 프로토콜 단계에서 CPU에 의한 복사 및 재복사를 최소화할 수 있다. 이는 네트워크 칩 내의 패킷을 직접 버퍼 풀(Pool)에 적재시키고, 버퍼 풀은 데이터 복사에 의해서가 아니라 포인터를 이용하여 데이터를 전달함으로써 가능하다.

### 4. 결론 및 향후 연구 과제

본 연구는 정보가전용 운영체제의 네트워크 관리 연구의 일환으로 정보가전에서 사용될 수 있는 임베디드 TCP/IP 프로토콜 스택의 설계 및 구현을 목표로 하였다. PC와 비교했을 때 정보가전 단말은 낮은 컴퓨팅 파워와 적은 메모리 등의 이용 가능한 자원이 열악한 환경을 가진다. 그러나 이런 단말들이 인터넷과 연결되면, 인터넷을 통한 원격 관리와 펌웨어 업그레이드 등 현재 가전이 가지는 한계를 뛰어 넘을 수 있게 된다. 이를 위해서는 정보가전 단말에 대해 인터넷 프로토콜을 처리할 수 있는 스택이 지원되어야만 한다. 그러나 기존의 프로토콜 스택은 PC나 워크스테이션과 같은 비교적 자원이 풍부한 시스템을 기반으로 구성되어 있어서 정보가전 단말과 같은 시스템에 적용하기에는 프로토콜 스택의 크기가 너무 크다는 단점을 가지고 있다.

이 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 낮은 컴퓨팅 파워와 적은 메모리 상에서도 구동될 수 있는 마이크로 TCP/IP 프로토콜을 설계하고 구현을 하였다. 기존 프로토콜 스택에서 정보가전 단말에 필요한 기능을 추출하여 최적화를 함으로써, 코드 크기를 줄였고, 프로토콜 처리에 사용되는 메모리 요구량을 줄이기 위해, 기존 망과의 연동을 고려한 IP 스택에서의 단편화를 제시했다. 현재 본 연구는 디바이스 드라이버, ARP, IP, ICMP, UDP, UDP를 이용한 TFTP까지 구현되었다.

향후 연구 계획으로는 지금까지 설계된 프로토콜 스택을 기반으로 신뢰성 있는 전송 프로토콜인 TCP를 구현할 것이며, 어플리케이션에게 복잡한 TCP/IP 프로토콜 스택을 감추어서 일관된 인터페이스를 제공하는 소켓 인터페이스를 설계하고 구현할 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] Jean J. Labrosse, "MicroC/OS-II: The Real-Time Kernel," R&D Books, 1999.
- [2] Jean J. Labrosse, "Embedded Systems Building Blocks, 2nd ed.: Complete and Ready-to-Use Modules in C," R&D Books, 2000.
- [3] Jeremy Bentham, "TCP/IP Lean: Web Servers for Embedded Systems," CMP Books, 2000.
- [4] Douglas E. Comer and David L. Stevens, "Internetworking With TCP/IP Vol II, 3rd ed.: Design, Implementation, and Internals," Prentice Hall, 1995.
- [5] 세계 정보가전 시장 동향과 전망, "http://etlars.etri.re.kr/ETLARS/industry/jugidong/973/97304.htm"