

논문 2013-50-7-37

동축 케이블과 초광대역 기술을 이용한 양방향 데이터 전송 시스템 개발

(Development of a Bi-directional Data Transmission System Using
UWB Technology Over Coax)

박 성 욱*, 엄 우 용**

(Sung-Wook Park and Woo-Yong Ohm[©])

요 약

본 논문에서는 IEEE 802.15.3 Medium Access Control Layer(MAC)와 UWB PHY(Physical Layer)의 기반에서 유/무선 통신이 가능한 동축 케이블 기반의 데이터 전송 시스템을 설계하고 구현하였다. 구현된 시스템은 가정용 동축 케이블(Coaxial Cable)이나 광동축 혼합망(Hybrid Fiber Coax) 기반에서 기가비트(Gigabit) 전송률로 양방향 데이터 전송이 가능하다. 본 동축 케이블 기반의 송수신 시스템은 가정이나 사무실의 75Ω 동축 케이블로 명령, 제어 그리고 데이터가 송수신 된다. 구현된 시스템은 중심 주파수 4GHz에서 1.33GHz의 대역폭으로 동작하며, BPSK를 사용하여 채널 전력의 ±15dBm으로 심벌을 송신한다. 개발된 시스템을 일반적인 가정환경 내에서의 실험 조건으로 최대 3개의 CATV RF 분배기를 통해 동작함을 확인하였다.

Abstract

In this paper, we developed a data transmission system over coaxial cable based on the IEEE 802.15.3 MAC and Ultra-Wideband(UWB) Physical Layer. This system is capable of operation in both wireless and wired medias. When operating on coax cable it is capable of Gigabit bi-directional data rate operation on in-home coax wiring and over Hybrid-Fiber-Coax(HFC) cable infrastructure. The developed system transceives command, control and data over a 75 ohm coax system in a home or office. This system operates at a center frequency of 4GHz with a total occupied bandwidth of 1.33Ghz centered on 4GHz. The system uses BPSK modulation and sends symbols at a maximum power level of +15dBm. It has been tested and works through up to three CATV RF splitters in a home environment.

Keywords : coax cable, bi-directional, data transmission system, UWB, MAC

I. 서 론

2013년부터 디지털 방송 전환이 실시되고, 이에 따라 인터넷, VoIP, 방송, 케이블, 유선, 무선, 통신망등 사업

자들 간의 기술 경쟁이 치열해지고 있으며, 전송 속도를 올리기 위한 비용도 증가되고 있으나, 대부분의 사업자들의 가지고 있는 문제는 기존의 시설을 유지하면서 전송 속도를 올리는 것이다.

우리나라의 유료 방송(CATV, 위성, IPTV) 이용 가구 수는 2011년까지 약 1900만 가구이고, 여기서 CATV를 이용하는 가구 수는 약 1100만에 이른다^[1]. 만일 각 가정에 기 설치된 동축 케이블망을 통해 각각의 방에 특징적으로 설치된 인터넷, 케이블, IPTV등을 서로 연결하여 사용할 수 있게 되면, 사업자는 중복투자 비용을 줄일 수 있고, 서비스를 위한 개발 시간을 단축

* 정회원, 유한대학 정보통신과
(Dept. of Information & Communications, Yuhan University)

** 정회원, 인하공업전문대학 디지털전자과
(Dept. of Digital Electronics, Inha Technical College)

© Corresponding Author(E-mail: wyohm@inhac.ac.kr)

접수일자: 2013년3월21일, 수정완료일: 2013년6월24일

할 수 있으며, 일반 소비자들은 추가적인 배선을 없애고 저비용으로 만족스러운 홈 네트워킹 환경을 제공할 수 있게 될 것이다.

국외의 동축 망을 이용한 통신 솔루션을 제공하는 업체에는 미국 Entropic사의 MoCA(Multi-media over Coax Alliance) 솔루션이 대표적이며, 최대 데이터 전송률은 2채널에 170Mbps이다.

본 논문에서는 기존 동축망에 UWB(ultra wide band) 통신 방식을 이용하여, 3.3GHz - 4.7GHz의 초광대역에 BPSK(Binary Phase Shift Keying) 변조 방식을 이용하여 데이터를 전송할 수 있는 시스템을 DSP와 Baseband+MAC IC 그리고 Transceiver RFIC를 사용하여 설계하고 구현하였다.

본 시스템 개발을 통해 기존의 무선 기술이 가진 한계점과, 전화선이나, 전원선이 가진 데이터 전송의 한계를 극복할 수 있다. 또한 전송 속도는 최대 675Mbps까지 가능하고, QoS 및 QPS(Quad Play Service)를 지원하며, 무선 UWB 기술을 접목하여 무선으로 IPTV의 백본용으로 구현 할 수 있도록 하여 기존의 MoCA 솔루션을 대체할 수 있도록 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 개발한 시스템의 개요와 이것을 위해 사용된 기술적 내용을 설명하고, III장에서 개발 내용 및 방법에 관하여 설명한다. IV장에서 개발된 시스템의 성능을 분석하고, V장에서 본 논문의 결론과 향후 연구 방향에 대하여 기술한다.

II. 시스템 개요

2.1 개발 시스템의 기능

그림 1에 개발 시스템의 블록도를 나타내었다.

개발 시스템은 크게 시스템 제어를 위한 프로세서로 MPC8313을 사용하고, PHY 인코더/디코더 및 UWB MAC을 위한 디지털 베이스 밴드(DBB) IC(Pulse-Link사의 PL3130) 그리고 아날로그 변복조를 위한 transceiver RFIC(Pulse-Link사의 PL3120) 그리고 이더넷 및 1394, HDMI/DVI 등 데이터 전송 스트림을 위한 주변 장치로 구성된다.

DBB의 PHY 송신기는 데이터 패킷 전송을 위한 프레임 구성은 동기 신호, PHY 헤더 그리고 FEC(forward error correction), 데이터 비트 스트림을 으로 구성된다. PHY 수신기는 동기 신호를 검출하고 MAC 계층의 데이터 스트림을 해독하는 역할을 한다. 또한

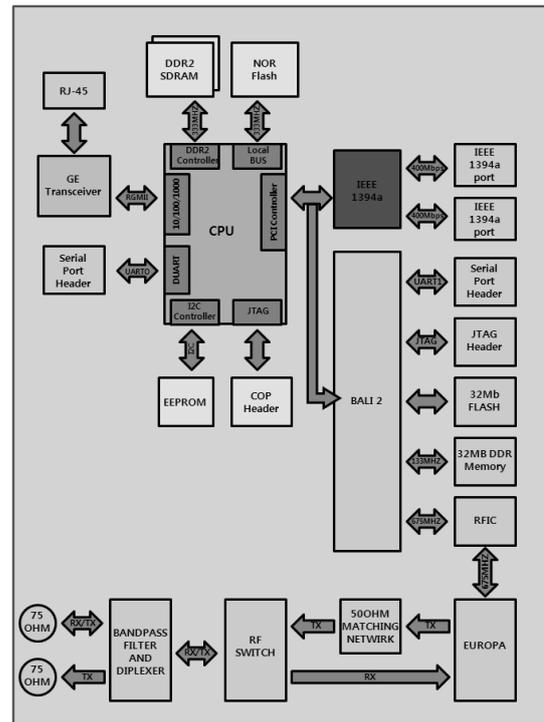


그림 1. 시스템 블록도
Fig. 1. System Block Diagram.

DBB는 UWB 변복조 기능과 진보된 순방향 오류 정정(advanced FEC : forward error correction) 기능 그리고 데이터 전송률 조절 기능과 수신 데이터의 자동 속도 보정 기능을 가지고 있다. 그리고 DBB의 MAC 규격은 IEEE 802.15.3 프로토콜을 이용하여 QoS를 통해 등시성 스트림(isochronous streams) 할당을 위한 메커니즘을 가지고 있다.

2.2 연속파 UWB

기존의 협대역(narrow band) 시스템 및 3G 셀룰러 기술로 설명되는 Wideband 시스템과 구분하기 위해 중심 주파수의 25% 이상의 점유 대역폭을 차지하는 시스템 혹은 1.5GHz 이상의 점유대역폭을 차지하는 무선 전송 기술 시스템을 UWB라 정의한다^[2]. UWB는 400Mbps에서 500Mbps까지의 데이터 전송이 가능한 무선통신 기술이다. 매우 짧은 데이터 펄스(pico second)를 저전력 라디오 신호에 실어 송수신하는 방식이며, 10m~1Km 정도의 거리에서 저전력 통신이 가능하다.

동축케이블이나 무선으로 송출하기 위해 CW(연속파, Continuous Wave) UWB를 사용한다. CW-UWB는 협대역 캐리어에 BPSK 변조방식을 사용하며, 1.35GHz 샘플링 레이트 가지고 BPSK 신호를 Pulse shaping하여 4GHz RF 대역으로 신호를 송출한다. CW UWB는

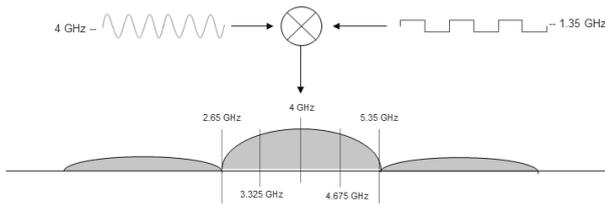


그림 2. CW-UWB의 BPSK 변조
Fig. 2. BPSK modulation of CW-UWB.

데이터 변조는 협대역 캐리어의 BPSK이지만, 출력 (Emission)은 그림 2와 같이 UWB로 내보내는 기술이다. 또한 각 비트에 대해 동시에 연속적으로 발산하는 기술을 사용하여 대역내의 주파수 간섭에 대해 둔감한 특성을 지니고 있다.

2.3 IEEE 802.15.3 MAC 프로토콜

개발 시스템의 MAC 프로토콜은 IEEE 802.15.3 MAC 프로토콜을 사용한다. IEEE 802.15.3 WPAN (Wireless Personal Area Network)의 표준은 2003년에 IEEE 802.15 working group에서 표준화가 되었다^[3]. IEEE 802.15.3은 피코넷(piconet) 단위로 네트워크를 구성하며, 하나의 피코넷은 약 10m정도 되는 범위에서 애드혹(ad-hoc) 네트워크를 구성하여 무선으로 통신을 하게 된다. 이렇게 구성된 네트워크를 통해 통신 영역에서 무선으로 대용량 파일이나 실시간 비디오를 전송할 수 있다^[4].

그림 3은 IEEE 802.15.3을 WPAN 네트워크의 피코넷 구조를 나타내고 있다. 먼저, 피코넷의 관리와 다른 디바이스의 동기를 맞춰 주는 PNC(piconet coordinator)가 피코넷마다 하나씩 존재하고 나머지는 일반 통신 장치로 DEV라고 정의한다. PNC의 역할은 자신의 피코넷에 연관된 DEV를 관리하고 비콘(beacon)을 생성하여 브로드캐스트 함으로써 피코넷 내의 DEV들의 동기를 맞추게 된다. 피코넷에 속한 DEV들은 비콘 프레임의 받고 다른 DEV들과 동기를 맞춰 통

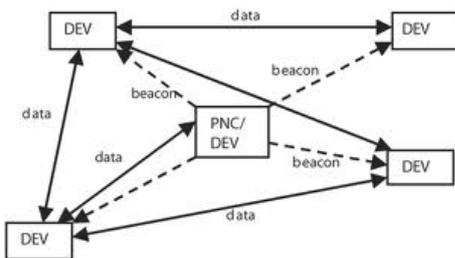


그림 3. 피코넷의 PNC와 DEV
Fig. 3. PNC and DEV in piconet.

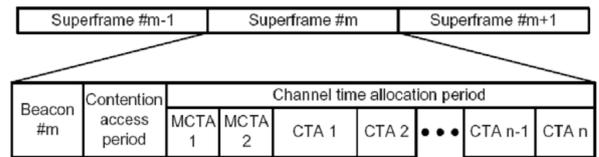


그림 4. 슈퍼프레임의 구조
Fig. 4. Superframe format.

신을 할 수 있다.

IEEE 802.15.3 WPAN은 그림 4의 구조를 갖는 슈퍼프레임(superframe)이라는 주기를 가지고 통신을 한다. 여기서 CTAP(Channel Time Allocation Period)은 TDMA 방식으로 통신을 하며 이때 채널 타임을 할당하는 역할을 PNC가 하게 된다. 슈퍼프레임의 시작은 PNC가 생성한 비콘이 전송되고 그 이후에 CAP(Contention Access Period)가 위치한다. 이 CAP 구간에서는 피코넷의 옵션으로 사용 여부가 결정되고 데이터와 명령(command) 프레임의 전송된다. 이 구간은 CSMA/CA 방법으로 무선 채널을 접근하게 된다. CAP 구간 다음에는 CTAP가 위치하게 된다. 여기서 CTA구간은 PNC가 각각의 DEV에게 할당해주는 채널 타임으로 실제 통신이 이루어지는 부분이다.

IEEE 802.15.3b는 WPAN의 MAC을 구현과 상호운용을 위해 IEEE 802.15.3 MAC 개선한 표준이다. 개발 시스템에서는 IEEE 802.15.3b의 MAC을 토대로 UWB 전송을 위한 기술 접목시켜 사용하고 있다.

III. 개발 내용 및 방법

3.1 토폴로지

개발 시스템에서 CW UWB를 이용한 유선 네트워크의 구조는 IEEE 802.15.3의 피코넷과 유사하게 하나의 PNC와 최대 16 DEV로 구성되며, 최대 3개의 분배기와 약 30미터의 최대 종단 거리로 연결될 수 있다.

구성된 네트워크의 동작은 먼저 CW UWB 슈퍼프레임이 PNC에서 비콘을 송출하는 것으로 시작된다. 비콘은 신호를 송/수신하는 피코넷의 모든 장치에 관한 정보를 포함한다. 만일 어떤 장치가 전송 시간을 필요로 한다면 모든 장치는 PNC에 요청해야 하며, 이것을 위해 CW UWB 슈퍼프레임에는 Management Channel Time Allocation(MCTA)을 가지고 있다. 모든 장치들은 비콘에 의해 동기화되고 CTAP 안에 지정된 송수신 타임 슬롯을 가진다. 피코넷 준비를 위해 TDMA 오버헤드 (또는 슈퍼프레임의 오버 헤드)는 각 슈퍼 프레임

의 1.3%를 차지한다. 송신 전력 제어는 슈퍼 프레임 시간의 98.7%에서 실시되고, 피코넷의 모든 장치가 정확하게 동기화 할 수 있도록 최대 전력으로 동작한다.

3.2 PHY에서의 전송 전력 제어

동축 케이블을 이용한 CW UWB 네트워크에서의 전력 제어 방법에는 송신기에서의 전송 전력 제어 방법과 다양한 전송 환경에서 무선 링크 성능을 향상시키기 위해 수신기의 AGC(Automatic Gain Control)을 이용하는 방법이 있다. 동축 케이블 네트워크 구조는 멀티 피코넷에 해당하고, 동축 케이블 네트워크의 사용되는 전력과 기기들 간의 간섭이 서로 작다. 따라서 본 시스템에서는 무선 링크의 품질을 개선하고, 전파 간섭을 최소화하기 위해 전송 전력 제어를 사용한다.

그림 5와 같은 피코넷 구조에서의 전력 전송 제어를 설명하면 다음과 같다.

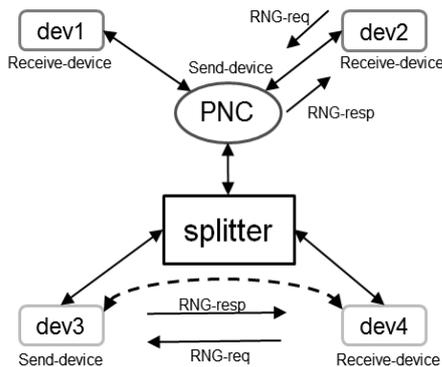


그림 5. 피코넷에서의 전송 전력 제어
Fig. 5. Transmit power control in piconet.

전송 장치는 PHY 헤더의 2비트를 사용하여 전송 장치의 수신 전력 변화가 있는지를 확인하는 정보인 RNG-resp를 보낼 수 있고, 수신 장치는 전력 변화의 방향을 요청하기 위한 RNG-req를 전송하기 위해 ACK PHY 헤더나 MAC 헤더의 2비트를 사용할 수 있다.

각 장치들 간의 피코넷이 형성되면, PNC와 DEV 또는 DEV와 DEV 사이에 데이터 프레임의 전송이 가능하다. 데이터 프레임을 보내는 것을 Send-device, 데이터를 받고 ACK를 보내는 것을 Receive-devices라고 할 때, Send-device와 Receive-devices는 개별적인 송신 전력 제어 작업을 수행한다.

Receive-device에서는 데이터를 수신하는 동안 이더넷의 correlation peak, 수신 신호 강도(RSS, Received signal strength indication), 패킷 에러율

(PER, Packet Error Rate) 파라미터가 수집된다. 수집된 파라미터를 이용하여 전력 제어 요청(RNG-req)을 발생시키고, Send-device로 부터의 다음 데이터 프레임을 기다린다. Send-device의 전력 레벨을 확인하는 데이터 프레임을 받으면 RNG-req에 따라 전력을 변경한다. Send-device에서는 RNG-req을 해석하여 전력 레벨을 1dB씩 증가 혹은 감소시킨다. 그리고 특정 DEV에 RNG-resp을 데이터 프레임에 실어 보낸다.

3.3 PHY의 기능과 동작 모드

앞서 설명한 바와 같이 DBB의 PHY 송신기는 MAC으로 부터의 데이터 스트림에 동기 신호, PHY 헤더 그리고 FEC(forward error correction)을 추가하고, 그 비트 스트림을 쉼는 기능을 가진다. 그리고 PHY 수신기는 동기 신호를 검출하고 MAC 계층의 데이터 스트림을 해독한다. DBB는 CW-UWB 변복조, FEC, 데이터 전송 속도의 선택(21, 84, 169, 675, 1012Mb/s에서 선택 가능), 수신 데이터 속도의 자동 보정 등의 기능을 수행한다.

개발 시스템의 DBB는 표 1과 같이 7개의 동작 모드를 가지고 있으며 DBB의 칩 전송률은 1.35Gcps이다. FEC, SF(Spread Factor), 전송 속도는 동작 모드에 따라 달라진다.

그림 6은 MPS(Main Processor System) 버스 인터

표 1. 동작 모드
Table 1. Operational modes.

동작모드	FEC	Spread
1012.5Mb/s	R=3/4	
675Mb/s	R=1/2	
337.5Mb/s		SF=4
168.75Mb/s	R=1/2	SF=4
84.38Mb/s		SF=16G
42.19Mb/s	R=1/2	SF=16G
21.09Mb/s		SF=64G

표 2. 타이밍 파라미터
Table 2. Timing parameter.

Param.	Time	Param.	Time
tx0	200.18 ns	rx0	23.54ns
tx1	223.73 ns	rx1	412.16 ns
tx2	306.17 ns	rx2	2037.25 ns
tx3	565.25 ns	rx3	동작모드 따라 다름
tx4	588.80 ns	rx4	58.88 ns

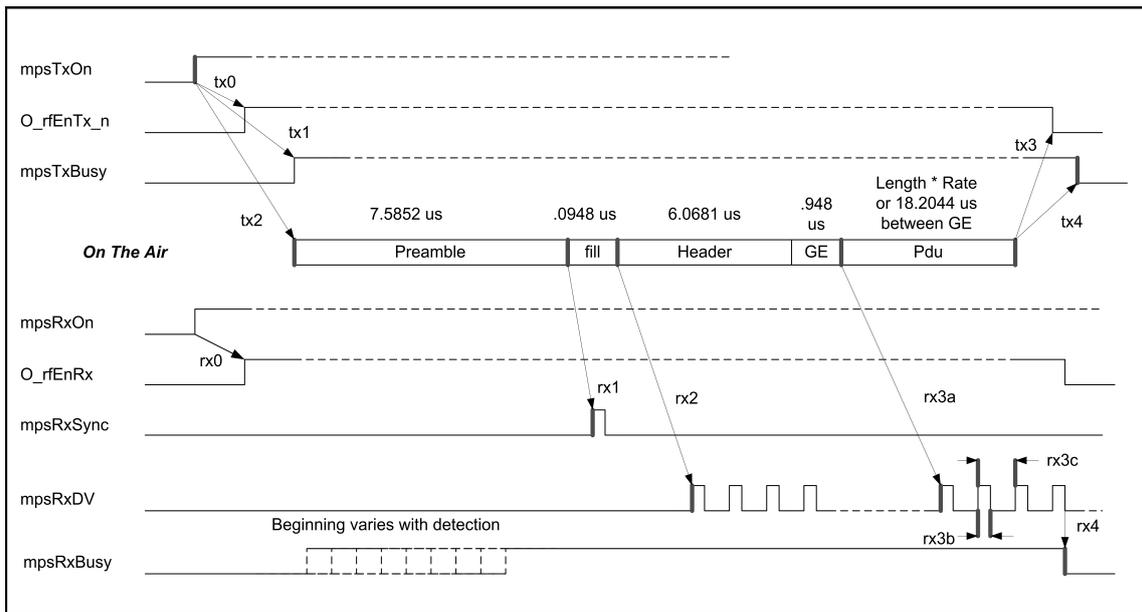


그림 6. MPS 버스 인터페이스에서의 MAC과 DBB 사이의 타이밍
 Fig. 6. Timing between the MAC and DBB over MPS bus interface.

페이스에서의 MAC과 DBB 사이의 타이밍 도이고, 그림에서의 각 파라미터 값(시간)은 표 2와 같다.

표 2에서 송신 파라미터의 의미를 살펴보면 tx0는 mpsTxOn(mps transmit on) 활성 신호에서 O_rfEnTx_n(operation reference enable transmit) 활성 신호 사이의 시간이며, tx1은 mpsTxOn 활성 신호에서 mpsTxBusy(mps transmit busy) 활성 신호 사이의 시간이다. tx2는 mpsTxOn 활성 신호에서 DBB에서 전송되는 preamble의 첫 번째 비트 사이의 시간이며, tx3은 DBB에서 전송되는 PDU의 마지막 비트에서 O_rfEnTx_n 비활성 신호 사이의 시간이며, tx4는 DBB에서 전송되는 PDU의 마지막 비트에서 mpsTxBusy 비활성 신호 사이의 시간을 의미한다.

3.4 Demodulation

deserializer는 DBB와 RF 종단 사이의 수신 인터페이스로 사용되며, 고속 시리얼 데이터를 저속 병렬 형태로 demux 한다. 이 모듈은 16개 채널 deserializer와 8개의 demux 요소로 구현되었다. 입력은 시리얼 데이터 채널과 시리얼 데이터의 기준 클럭이다. 출력은 병렬 데이터와 낮게 분할된 클럭이며, 최상위 I/O에 직접 인터페이스하기 위한 사용된다.

채널 코드를 위해 사용되는 Golay 디코더는 채널 필터와 컨볼루션 필터의 두 개의 분리된 구조가 있다. 하나는 preamble을 위한 길이 256 디코더이고, 다른 하나

는 들어오는 데이터를 프로그램을 통해 디코딩이 가능한 구조의 디코더이다. Golay 디코더는 16개의 동일한 병렬 구조와 클럭의 모든 활성 신호에서 16개의 수신 데이터를 수용 할 수 있도록 구성된다. 따라서 Golay 디코더는 사이클의 파이프라인 지연 시간에 따라 동시에 16개의 결과를 생성한다.

3.5 MAC의 큐와 디스크립터

MAC에서의 큐(queue)와 디스크립터(descriptor)의 처리는 기본적으로 호스트 소프트웨어와 임베디드 소프트웨어가 유사하다. 몇 가지 중요한 차이점은 호스트 소프트웨어에서는 소켓 버퍼를 미리 할당 된 버퍼로 사용한다는 것과 임베디드 소프트웨어는 하나의 물리적 주소 공간에서 실행되지만, 호스트 소프트웨어에서는 가상 및 버스 주소 간의 매핑이 필요하다는 것이다.

큐들 사이에 전달되는 개체는 디스크립터이다. 이 디스크립터는 THC(Transmission Host Controller)의 호스트와 프레임 디스크립터 내부의 PCI(Protocol Control Information) 디스크립터로 부른다. 임베디드 소프트웨어는 내부 통신뿐만 아니라 송신자와 프레임을 수신하는 데 사용되는 경우에도 MPDU(MAC Protocol Data Unit)를 사용하여 참조한다.

하드웨어를 공유하는 모든 소프트웨어는 두 가지 섹션을 가진다. 첫 번째는 객체의 하드웨어 메모리 맵에 대한 소프트웨어 표현이고, 두 번째는 프로그램 구조체

```

typedef struct _mpdu_t {
hw_frame_descr_t frame_descr;
unsigned char * buffer;
USHORT size;
USHORT length;
struct _mpdu_pool_t *pool;
UINT owner;
UINT stream_index:8;
UINT max_retry:3;
UINT used_retry:3;
UINT slotted_aloha:1;
UINT ack_policy:2;
UINT msdu_number:9;
UINT frame_type:3;
UINT reserved:3;
USHORT phy_rate;
UCHAR dest_id;
UCHAR src_id;
UINT kill_time;
UCHAR aloha[8];
} mpdu_t;
    
```

그림 7. MPDU 구조체
Fig. 7. MPDU structure

이다. 프로그램 구조체 MPDU는 그림 7과 같다.

그림 7에서 MPDU 구조체의 첫 번째 멤버 변수 frame_descr는 하드웨어에 의해 참조 할 수 있는 부분이다. 소프트웨어는 개체가 현재 하드웨어 또는 소프트웨어에 의해 소유되고 있는지 여부를 확인하기 위해 이러한 구조체의 상태 워드를 사용하고 있다. 소프트웨어는 또한 구조체의 다음 디스크립터 포인터를 사용하고 있으며, 프레임 디스크립터의 트랜잭션을 완료 할 때 하드웨어가 이 포인터를 갱신 하게 된다.

호스트 소프트웨어에서 다음 포인터는 버스 주소로 기억하고 있기 때문에 소프트웨어가 그것을 사용하기 전에 가상 주소로 변환해야 한다. MPDU의 포인터 멤버 변수 buffer는 항상 실제로 할당 된 버퍼를 가리킨다. 오프셋 기능은 주로 THC와의 통신에 사용된다. THC가 SAP(Session Announcement Protocol) 헤더의 마지막 부분을 구성하고 있는 PLCP(physical layer convergence protocol)와 MAC 헤더만 읽었을 때, buffer의 첫 부분은 SAP 헤더이다.

3.6 QoS

그림 8은 개발 시스템의 QoS를 위한 동작 구조를 보여준다. MAC는 비동기 데이터 트래픽을 위한 2개의 큐를 지원하는데, 그림 10에서 Classifier로 표현되었다. 하나는 일반 비동기 트래픽을 위한 것이고, 다른 하나는 높은 우선순위의 트래픽을 위한 것이다. 일반 비동기 큐는 Web 브라우징이나 FTP 등의 응용 프로그램에 의한 트래픽에 적합하다.

우선순위가 높은 비동기 큐는 미디어 스트림과 같이 짧고 비교적 저속 데이터 패킷을 위해 사용될 수 있다.

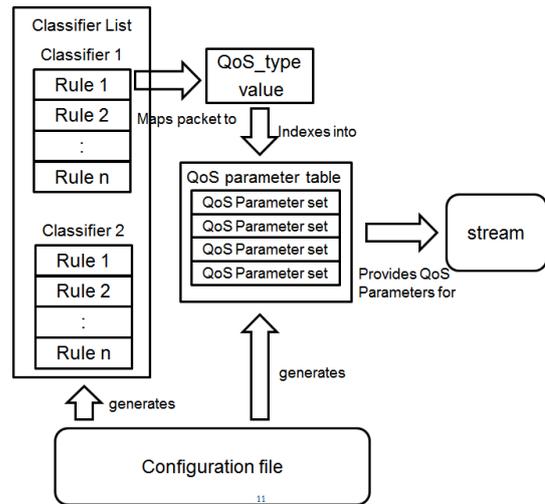


그림 8. QoS 개요
Fig. 8. QoS overview.

비동기 큐는 어떤 트래픽이라도 받을 수 있지만, 우선순위가 높은 비동기 큐는 길이가 255 바이트 이하의 패킷으로 제한되어 있다. 일반적으로 비동기 데이터는 등시성 스트림에 할당되지 않은 어떤 대역폭이라도 사용할 수 있지만, 비동기 데이터의 대기 시간은 등시성 데이터보다 가변적이다.

IV. 실험 및 분석

앞서 설명한 바와 같이 개발 시스템은 그림 9와 같이 시스템 제어를 위한 MPC 8313 프로세서와 DBB 그리고 데이터의 송수신을 위한 Transceiver RFIC, 메모리 그리고 각종 입출력 포트들로 구성되며, 가로, 세로, 높이가 셋톱박스 크기인 100mm x 200mm x 20mm의 6층 PCB 기판으로 제작되었다.

MPC8313 프로세서를 이용한 기능 제어를 위해 GCC 4.4.4 Freescale 버전으로 구현된 프로그램에 의해 조절

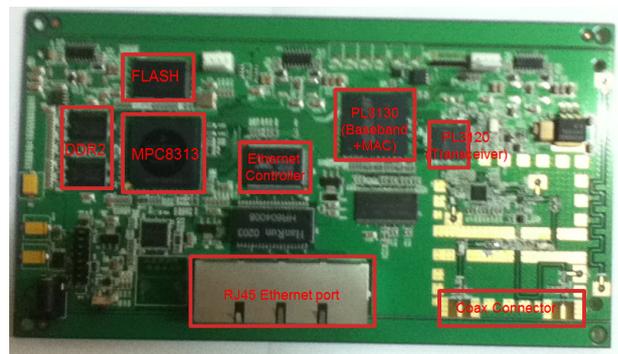


그림 9. 개발된 시스템
Fig. 9. The developed system.

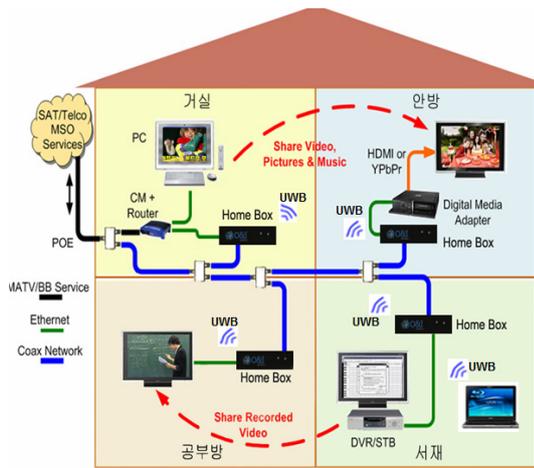


그림 10. 실험 환경
Fig. 10. Test environment.

되며, 네트워크 QoS등과 같은 시스템의 사용자 설정은 RDK(Reference Design Kit)를 이용하여 Web GUI로 조정할 수 있도록 하였다.

그림 10은 개발 시스템의 유무선 네트워크 성능을 분석하기 위한 실험 환경을 나타낸다. 그림의 일반적인 가정환경과 같이 외부의 MSO(Multi System Operator)나 위성방송으로 서비스가 연결되고, 가정 내부에서 2-way 또는 4-way 분배기로 분배된 신호는 각 방의 개발 시스템(Home box)과 연결된다. 방 내부의 기기들은 개발 시스템과 이더넷이나 동축케이블 또는 UWB로 연결될 수 있으며, 이렇게 연결된 기기들은 네트워크가 구성되어 양방향 통신이 가능해 진다.

먼저 개발 시스템의 UWB 기술을 사용하여 실제 측정된 유선, 무선 출력 결과를 나타내면 표 3과 같다. 실험 결과는 개발 시스템의 DBB의 PHY 전송 설정과 무선 거리에 따라 측정하였으며, 실험 기기의 송, 수신기는 개발 시스템과 동일한 UWB 기술을 사용한다.

실험 결과와 같이 UWB 기술은 무선 범위가 3m이내에서 최대 450Mb/s의 전송 속도를 나타내고 있으며, 무선 범위가 넓어질수록 전송 속도는 떨어진다.

표 3. 연속파 UWB의 출력
Table 3. Throughput of CW UWB

PHY 설정 속도	Coax 출력	Coax 범위	무선 출력	무선 범위
675 Mb/s	450Mb/s	Home	450Mb/s	3m
338 Mb/s	200Mb/s	Home	200Mb/s	3m
169 Mb/s	100Mb/s	Home	100Mb/s	10m
84 Mb/s	70Mb/s	Home	70Mb/s	10m
42 Mb/s	25Mb/s	Home	25Mb/s	18m
21 Mb/s	15Mb/s	Home	15Mb/s	18m

표 4. CW UWB와 다른 무선기술의 비교

Table 4. Comparison of CW UWB with other wireless technology

Technology	무선 지원	유선 지원	QoS 보장	PHY에서 최대 출력	실제 출력
802.11g	Y	N	N	54Mbps	22Mbps
802.11n	Y	N	some	200Mbps	<100Mbps
WiMedia	Y	N	some	480Mbps	<100Mbps
MoCA	N	Y	some	270Mbps	~120Mbps
HomePlug	N	Y	some	200Mbps	<100Mbps
CW UWB	Y	Y	Y	1350Mbps	~980Mbps

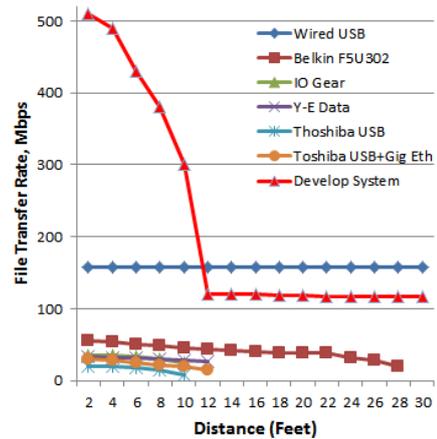


그림 11. 거리에 따른 UWB의 전송 속도
Fig. 11. UWB throughput vs. distance.

개발 시스템의 UWB 기술과 다른 무선 기술들과 비교한 결과를 표 4에 나타내었다. 표 4의 결과와 같이 본 시스템은 유, 무선을 모두 지원하며, UWB 출력 성능이 기존의 MIMO(Multiple-Input Multiple-Output) 기술을 사용하는 802.11.n보다 뛰어나고, Multi-Band OFDM 기술을 사용하는 WiMedia 표준의 UWB 전송율^[5] 보다 높다는 것을 알 수 있다.

그림 11은 출시된 상용 유, 무선 제품과 개발 시스템의 UWB 성능을 거리에 따른 파일 전송 속도로 비교한 결과이다. Wired USB는 유선 USB이고 Belkin FSU302, IO Gear, Y-E Data는 UWB 무선 허브이다. 그리고 Toshiba USB, Toshiba USB+Gig Ethh는 WiMedia 기반의 USB Adapter기가비트 이더넷이다. 실험 결과와 같이 10feet(3m) 이내에서는 다른 기기와 비교하여 월등히 전송 속도가 높다는 것을 알 수 있고, 그 이상의 거리에서는 유선 USB 보다 떨어지지만, 다른 무선기기들 보다는 높은 전송 속도를 보인다.

실험 결과 개발된 시스템의 성능은 다양한 유, 무선 네트워크 환경에서 기존의 기술적 방법보다 우수한 성능을 나타낸다는 것을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 IEEE802.15.3 MAC과 UWB PHY 기반에서 유/무선 통신이 가능한 동축 케이블 기반의 데이터 전송 시스템을 설계하고 구현하였다. 본 시스템에서 UWB는 PNC에 의해 채널이 할당되고 제어가 되는 TDMA 기반으로 동작하며, 가정용 동축 케이블이나 광 동축 혼합망 기반에서 기가비트 전송률로 양방향 데이터 전송이 가능하였다. 동축 케이블 기반의 송수신 시스템은 가정이나 사무실의 75Ω 동축 케이블로 명령, 제어 그리고 데이터가 송수신 되고, 중심 주파수 4GHz에서 1.33GHz의 대역폭으로 동작하며, BPSK를 사용하여 채널 전력의 ±15dBm으로 심벌을 송신한다.

동축 케이블 기반의 데이터 전송 시스템을 통해 기 설치된 동축망에서는 분배기를 통해서 단방향으로만 데이터를 전송할 수 있지만, 본 시스템을 이용할 경우 역방향으로도 분배기를 점핑하여 데이터를 보낼 수 있으며, 압축하는 것이 없이 동축망에 있는 전송 Loss를 보전하여 데이터를 전송하는 방식으로 구현하여 실시간, 양방향 통신이 가능하다. 그리고 네트워킹과 관련하여 기존의 이더넷 포트를 통한 연동성을 갖도록 구현하여, 홈 네트워킹을 손쉽게 실현할 수 있게 하였다.

본 시스템은 일반적인 가정환경과 같은 실험 조건에서 최대 3개의 CATV RF 분배기를 통해 우수한 성능으로 동작함을 확인하였다.

REFERENCES

- [1] 2012년 방송산업 실태조사 보고서, 방송통신위원회, 2012.11
- [2] 김재완, 이현정, "WiMedia UWB MAC에서의 무선 구간 손실을 고려한 TSPEC 추정 방안", 전자공학회논문지, 제45권 TC편, 제9호, 20-29쪽, 2008년 9월
- [3] Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks (WPAN), IEEE standard, Sep. 2003.
- [4] J. So and N. Vaidya, "A Multi-channel MAC Protocol for Ad Hoc Wireless Networks," Technical report, Jan 2003.
- [5] WiMedia UWB product testing report, <http://www.ece.uvic.ca/~xdong/>

저 자 소 개

박 성 욱(정회원)
대한전자공학회 논문지
제45권 IE편 4호 참조

엄 우 용(평생회원)
대한전자공학회 논문지
제47권 IE편 1호 참조