JKIICE Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering

한국정보통신학회논문지(J. Korea Inst. Inf. Commun. Eng.) Vol. 18, No. 12 : 2857~2863 Dec. 2014

IEEE 802.15.4a IR-UWB 패킷 분석기 설계 및 구현

임솔 · 이계주 · 김소연 · 황인태 · 김대진*

Design and Implementation of IR-UWB Packet Analyzer Based on IEEE 802.14.5a

Sol Lim · Kye Joo Lee · So Yeon Kim · Intae Hwang · Dae Jin Kim*

Department of Electronic and Computer Engineering, Chonnam National University, Gwangju, 500-757, Korea

요 약

IR-UWB 기술은 실내 환경에 강인하고 투과성이 우수하며 저 전력 측위 시스템의 구현이 가능하다는 점에서 실내 측위 방식으로 표준화되어 개발되고 있다. 본 논문에서는 수십 cm급 IR-UWB 측위 시스템을 개발하는데 필요한 IEEE 802.15.4a를 기반으로 한 IR-UWB 패킷 분석기를 설계 및 구현하였다. 패킷 분석 시스템에서 스니퍼 디바이스는 IEEE 802.15.4a IR-UWB 네트워크를 감시하여 RF상의 패킷 프레임을 획득하여 패킷 분석기 PC 프로그램으로 전송한다. 패킷 분석기 PC 프로그램은 스니퍼로부터 받은 패킷 프레임을 IEEE 802.15.4a 표준에 맞게 분석하여 이를 사용자에게 보여주어 디바이스끼리 통신하는 정보를 분석할 수 있도록 한다. 개발된 패킷 분석기는 IEEE 802.15.4a MAC 프로토콜을 분석하는데 사용된다. 또한 일부 기능들을 수정보완하여 IEEE 802 시리즈의 다른 MAC 프로토콜을 분석하는데 사용할 수 있다.

ABSTRACT

IR-UWB has been developed as a standard of indoor ranging technology, because it has robust and good transmission characteristics in indoor environments and it can be operated with low power. In this paper, a IR-UWB packet analyzer is designed and implemented based on IEEE 802.15.4a, which is useful in developing IR-UWB real time location system with resolution of a few ten centimeters. A sniffer device of the packet analyzer monitors IR-UWB wireless networks, captures MAC packet frames, and transmits packet frames to the packet analyzing computer. The packet analyzing program in a computer analyzes received MAC packet frames and displays parsed packet information for developing engineers. Developed packet analyzer is used to analyze IEEE 802.15.4a MAC protocol, and also it can be used in other IEEE 802 series MAC protocol by modifying some functions.

키워드 : IEEE 802.15.4a, IR-UWB, 패킷 분석기, 스니퍼, MAC

Key word : IEEE 802.15.4a, IR-UWB, Packet Analyzer, Sniffer, MAC, etc

접수일자 : 2014. 08. 29 심사완료일자 : 2014. 09. 18 게재확정일자 : 2014. 10. 04

* **Corresponding Author** Dae Jin Kim(E-mail:djinkim@jnu.ac.kr, Tel:+82-63-530-1756)
Department of Electronic and Computer Engineering, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

Open Access http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2014.18.12.2857 print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

ⓒThis is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/li-censes/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright Ⓒ The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

Ⅰ. 서 론

최근 위치 센서 기능을 지닌 각종 기기들의 개발 및 보급의 발달로 언제 어디서나 사람과 객체의 위치를 파악할 수 있는 다양한 측위 서비스가 대두되고 있다. 기존의 GPS(Global Positioning System) 위성을 이용한 자동항법장치 및 이동통신망 기반의 다양한 LBS(Location-Based Service) 서비스가 제공되고 있으나 이러한 광역 위치 추정 기술은 위치 추정 정확도가 낮으며 실내 및 음영지역에서는 사용하는데 많은 어려움이 따른다. 그래서 실내에서 측위용으로 사용 가능하도록 IR-UWB를 비롯한 WLAN, ZigBee, CSS(Chirp Spread Spectrum) 등의 기술을 이용한 시스템이 개발되고 있다. 이 중에서도 IR-UWB 기술은 실내의 다중 경로 환경에 강인하고 투과성이 우수하며 저 전력 측위 시스템의 구현 및 수십 센티미터 급 고정밀 측위 시스템의 구현이 가능하다는 점에서 실내 측위 방식으로 거론되고 개발되고 있다.

임펄스 기술은 시간영역에서 매우 짧은 펄스를 생성하여 전송하는 기술로써, 데이터 통신 뿐만 아니라 실내에서 수십 cm급 이내의 정밀한 측위 및 추적 기능을 줄 수 있다. 임펄스기술은 Impulse-RadioUltra-Wideband (IR-UWB)로 일컬어지며, 위치 인식 WPAN 표준인 IEEE 802.15.4a에서 물리 계층 기술로 채택되어 2007년 3월 표준 제정을 완료 하였다[1, 2].

패킷 분석기는 무선 네트워크상에서 각 노드들이 전송하는 패킷을 캡처하여 그 패킷의 구조와 패킷이 가지고 있는 데이터 등을 분석할 수 있는 도구이다. 패킷 분석기를 사용할 경우 여러 노드 간에 전달되는 패킷 정보를 분석할 수 있다. 따라서 디버깅 과정의 가장 기본이 되는 오류 발견 작업을 비교적 쉽게 수행할 수 있으므로 연구 개발 초기에는 IR-UWB MAC(Medium Access Control Sublayer)을 테스트할 수 있는 패킷 분석기가 필수적으로 필요하다[3].

본 논문에서는 IEEE 802.15.4a (IR-UWB) 기반의 패킷을 분석할 수 있는 패킷 분석기를 설계 및 구현하였다. IR-UWB 디바이스 간의 데이터 통신을 패킷 스니퍼 디바이스를 사용하여 패킷을 획득하고 패킷 스니퍼 디바이스와 이더넷으로 연결한 패킷분석기 PC 프로그램으로 IEEE 802.15.4a의 표준을 분석한 정보를 화면에 출력, 데이터 저장 및 로드, 특정 패킷을 필터링하는 기능을 제시한다.

Ⅱ. 기존 패킷 분석기와 비교

현재 많이 쓰이는 대표적인 패킷분석기는 표1과 같다. Wireshark는 컴퓨터 네트워크에서 통신하는 트래픽들을 검색할 수 있으며, 다양한 네트워크를 분석할 수 있다. 대략 850개 이상의 프로토콜을 지원한다. 하지만 IEEE 802.15.4 프로토콜을 분석할 경우 트랜시버 기능이 포함되어 있는 하드웨어를 USB포트로 연결하여 사용해야 한다[4].

SmartRF Packet Sniffer는 Texas Instruments에서 만든 제품으로 802.15.4 MAC 패킷을 가로채어 해석 및 분석하여 보여준다[5].

Daintree Networks에서 개발한 Daintree SNA(Sensor Network Analyzer)은 IEEE 802.15.4 ZigBee 기반의 네트워크 분석과 테스트에 매우 효율적인 프로그램이다. 네트워크를 구성하는 장비의 상태와 연결 상태 등 상세한 부분까지 모니터링 가능하다. 하지만 상당히 고가의 프로그램이다[6].

표 1. 기존의 패킷 분석기 특징
Table. 1 Comparison of packet analyzers

패킷 분석기	특징
Wireshark	다양한 네트워크를 분석 IEEE 802.15.4a 분석 시 별도의 트랜시버 기능의 하드웨어 필요
SmartRF Packet Sniffer	IEEE 802.15.4 전용 분석기, IEEE 802.15.4a 미지원
Daintree SNA	IEEE 802.15.4 기반 분석, 상세 분석 가능 가격이 고가

위에서 살펴본 바와 같이 기존의 패킷 분석기들은 IEEE 802.15.4 분석기들로 IEEE 802.15.4a의 분석을 지원하고 있지 않다. 또한 디바이스 제조사에 의존적인 툴들은 PHY(Physical Layer)에 종속적이게 된다. 현재 IR-UWB 기술을 이용한 위치 인식 서비스는 개발 초기 단계로 개발 툴들이 없거나 미약하고 기존의 분석 툴들은 표준 내용이 포함되어 있지 않아 활용하기가 어렵다.

본 논문에서 제안하는 패킷 분석 시스템은 특정 시간 동안 패킷을 수집하고 분석하여 그 결과를 화면에 출력

하는 기능을 가지고 있으며, 부가적으로 수집된 패킷을 저장하고 불러올 수 있고, 특정 패킷을 분석할 수 있는 필터링 기능 등을 가지고 있으며, IEEE 802.15.4a 표준을 분석하여 구현하여 PHY에 의존적이지 않고 표준이 구현된 디바이스와 호환이 가능하다.

Ⅲ. IR-UWB 패킷 분석기 구조 설계

3.1. 패킷 분석기 설계 요소

본 시스템은 표준 프로토콜의 구현 단계에서 안테나를 통해 공기 중으로 출력되는 패킷의 규격이 해당 프로토콜의 규격에 맞게 적용되었는지 확인하는 시스템이다.

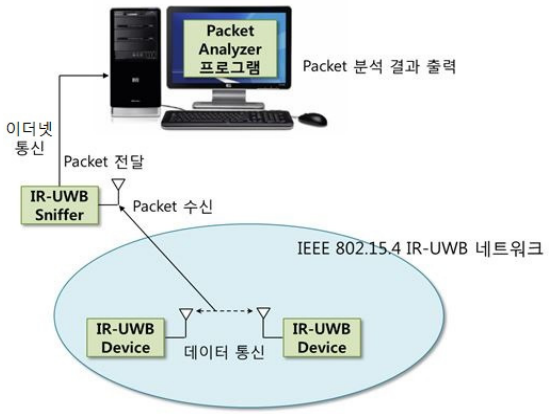

그림 1. 패킷 분석기 전체 시스템
Fig. 1 Packet anlayzer system

그림 1은 패킷 분석 시스템을 나타낸 그림으로 크게 3가지 부분으로 구성된다.

첫 번째는 IEEE 802.15.4a 네트워크에서 데이터 통신을 수행하고 있는 IR-UWB PHY를 구현한 IR-UWB 디바이스 부분이다. IR-UWB 디바이스는 수집하고자 하는 패킷을 생성하고 수신하는 디바이스로 패킷 분석기가 감시하고자 하는 네트워크를 구성하는 개체들이다. 이 개체는 RFD(Reduce Function Device)와 FFD (Full Function Device)의 디바이스들로 구성되어 있으며 PAN에 참여하고 있다.

두 번째는 IEEE 802.15.4a 네트워크의 패킷을 수집하는 IR-UWB 스니퍼 디바이스 부분이다. 이 디바이스는 첫 번째를 구성하는 디바이스와 동일한 디바이스로 IR-UWB PHY를 구현하고 있다. 하지만 디바이스 간의 데이터 통신에는 참여하지 않으며 모든 디바이스들 사이에 오가는 데이터를 수신하는 기능을 가지고 있는 RFD 디바이스이다. 그래서 수집된 패킷을 PC에 전달한다. 이때 PC와 연결되는 통신 규격은 데이터 속도가 높지 않은 경우 일반적으로 직렬 통신을 사용하며 범용적으로 RS-232 규격을 사용한다. 그런데 IR-UWB 네트워크의 통신 속도는 약 1Mbps이어서 RS-232의 통신 규격의 최대속도인 115.2kbps로는 IR-UWB의 통신 속도를 만족시키지 못한다. 따라서 IR-UWB 네트워크 내에서 최대 속도로 통신을 수행하고 있는 경우 패킷 분석기는 IR-UWB 네트워크의 속도를 따라잡지 못하게 되어 이를 개선할 수 있는 통신 규격이 필요하다. 본 패킷 분석기 프로그램에서는 이를 개선하는 방법으로 이더넷 통신 규격을 사용하여 IR-UWB 스니퍼 디바이스 장치와 통신하며 약 10Mbps의 전송속도로 IR-UWB 네트워크의 전송속도에 대처할 수 있도록 하였다.

마지막으로 IR-UWB 스니퍼 디바이스로부터 받은 패킷을 분석하고 디스플레이 해주는 기능을 하는 패킷 분석기 부분이다. 패킷 분석기는 PC의 이더넷 포트를 제어하고 IR-UWB 스니퍼 디바이스와 연결된다. 또한 스니퍼로부터 받은 패킷을 IEEE 802.15.4a 표준에 맞게 분석하고 그 결과를 화면에 출력하여 패킷이 구성되어 있는 정보를 출력한다. 동시에 오류 패킷이 존재하는 경우 오류 여부를 알려주어 IEEE 802.15.4a 네트워크를 개발하는 개발자에게 디버깅이 가능하도록 하는 기능을 제공한다.

IR-UWB 패킷 분석기 설계 요소를 정리하면 다음과 같다.

- IEEE 802.15.4a 표준 만족
- IR-UWB 최대 통신속도 1Mbps를 만족할 수 있도록 이더넷 통신 선로 사용
- 패킷 분석 및 화면 출력, 패킷 필터링, 패킷 저장 및 불러오기 기능 구현

3.2. 패킷 분석기 시스템 구조

그림 2는 소프트웨어의 기능별 동작을 블록단위로 표현한 블록 다이어그램이다. 프로그램의 시작 시 메인

다이얼로그에서 시작하며 스니퍼 디바이스와 통신하는 경우와 기존의 데이터를 불러오는 경우에 따라 PSDU (Physical Service Data Unit) 정보를 받아오는 경로가 달라진다. PSDU 데이터를 받게 되면 링크드 리스트에 패킷 정보가 입력되고 이를 파싱하여 그 결과를 출력한다. 경우에 따라서 저장 기능과 검색기능으로 분기되어 동작될 수 있다.

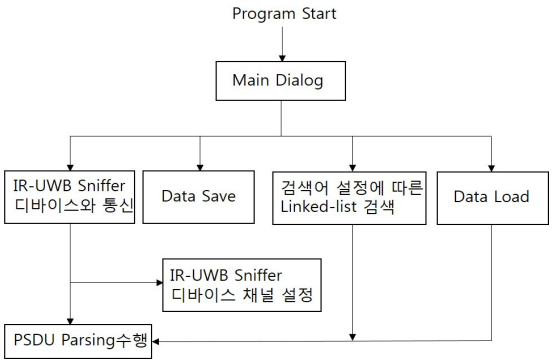

그림 2. 패킷 분석기 소프트웨어 구조
Fig. 2 Software structure of packet anlayzer

각 블록은 스니퍼 디바이스와 통신 수행부, 이전 데이터 불러오기 수행부, 링크드 리스트의 PSDU 파싱 수행부, 데이터 저장 수행부, 검색 기능 수행부, 스니퍼 디바이스의 채널 설정부의 6개의 영역으로 나뉠 수 있다.

Ⅳ. IR-UWB 패킷 분석기 구현

4.1. IR-UWB 패킷 분석기 기능 구현

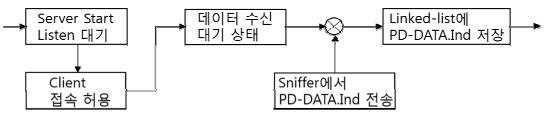

그림 3. Sniffer 디바이스와 통신 수행부
Fig. 3 Communication function with sniffer device

메인 다이얼로그는 프로그램의 시작 시 사용자에게 최초로 제공되는 인터페이스로 프로그램의 세부 기능 중 원하는 내용을 선택할 수 있도록 한다. 그림 3은 IR-UWB 스니퍼 디바이스와 통신 기능을 수행하는 영역에 대한 블록다이어그램이다. 먼저 사용자는 외부 통신 인터페이스인 이더넷 연결을 설정한다. 이더넷을 사용하는 경우 패킷 분석기는 서버로 동작하며 C클라이언트의 블라인딩 요청에 의해 접속을 허용한 후 수신 대기 상태로 동작한다. 이후에 스니퍼 디바이스의 PD-DATA.Indication 프리미티브를 수신하여 해당 프리미티브의 인자를 링크드 리스트로 저장하여 보관한다. 저장 직후 즉시 파싱 수행부를 호출하여 사용자가 바로 데이터를 확인할 수 있도록 한다.

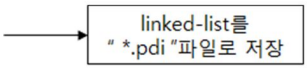

그림 4. 데이터 저장 수행부
Fig. 4 Data save function

그림 4는 링크드 리스트에 보관되어 있는 PSDU 데이터를 파일로 기록하는 기능을 수행하는 영역에 대한 블록다이어그램이다. 링크드리스트에 보관되어 있는 PD-DATA.indication 프리미티브의 인자인 PSDU의 길이, PSDU, UWB PRF, UWB PSR, DataRate, Ranging, CounterStart, CounterStop, TrackingInterval, Offset을 기록한다. 각 PD-DATA.Indication 프리미티브 간의 구분은 라인을 바꿈으로써 구분한다.

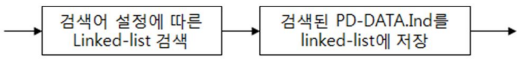

그림 5. 검색 기능 수행부
Fig. 5 Packet filtering function

그림 5는 검색 기능을 수행하는 영역에 대한 블록다이어그램이다. 검색을 하고자하는 링크드 리스트와 검색 종류, 검색 종류에 따른 검색어의 정보를 입력으로 받아 해당 리스트에서 검색어와 일치하는 부분만을 별도의 링크드 리스트로 구축한다. 검색어의 종류를 선택하는 영역은 Type, Source PAN ID, Source Address Mode, Destination PAN ID, Destination Address Mode를 선택하여 검색 종류를 중복하여 선택할 수 있다. 이때 저장되는 정보는 PD-DATA.Indication 프리미티브 전체를 저장한다. 검색된 결과 정보를 가지는 리스트를 출력으로 하여 즉시 PSDU 파싱을 수행하여 결과를 화면에 나타낸다.

그림 6. 데이터 불러오기 수행부
Fig. 6 Data load function

그림 6은 기존에 저장한 데이터를 불러오는 기능을 수행하는 영역에 대한 블록다이어그램이다. 기존에 저장된 데이터는 PD-DATA.Indication 프리미티브의 인자들을 보관하고 있으며 다수의 프리미티브를 보관하고 있다. 이를 보관한 파일의 확장자는 "*.pdi"로 구분되며 불러올 수 있는 파일 또한 "*.pdi"만을 찾아서 불러온다. 파일에서 불러온 데이터는 링크드 리스트에 보관되며 이후에 파싱을 수행하여 데이터의 결과를 화면에 나타낸다.

그림 7은 PD-DATA.Indication에서 인자로 제공한 PSDU를 파싱 기능을 수행하는 영역에 대한 블록다이어그램이다. PSDU 파싱 부에서는 제공되는 링크드 리스트에 존재하는 PSDU를 IEEE 802.15.4 MAC 표준에 적합하게 파싱을 수행하며 그 결과에 따른 프레임을 제공한다. 각 프레임에 따라 화면에 출력을 수행하여 사용자가 파싱된 정보를 확인할 수 있도록 한다.

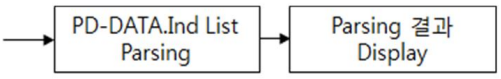

그림 7. PSDU Parsing 수행부
Fig. 7 PSDU parsing function

4.2. IR-UWB 패킷 분석기 UI 및 구현 검증

그림 8은 패킷분석기 유저 인터페이스로 가운데 화면의 데이터는 수신 패킷 리스트로써 IEEE 802.15.4a 표준에 맞게 분석되어 출력된 모습이다. 그림 9는 필터링 설정 다이얼로그로 키워드 타입을 선택하고 그 값을 입력하여 원하는 정보를 얻을 수 있다. 그림 10은 시스템 구현에 관한 검증 내용을 나타낸다. 주요 확인 내용으로는 IEEE 802.15.4a 패킷 프레임이 송수신 되는지 결과를 확인하고 스니퍼 디바이스와 패킷 분석 PC 프로그램과의 이더넷 연결 확인을 한다.

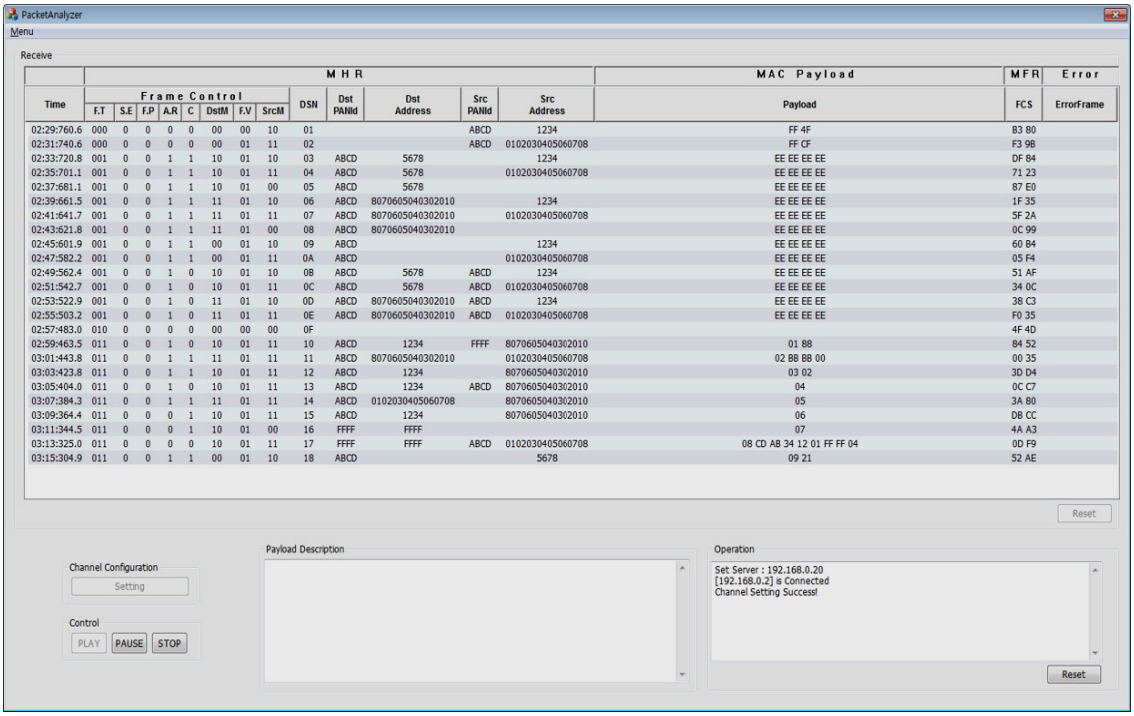

그림 8. 패킷 분석기 유저 인터페이스
Fig. 8 User interface of packet analyzer

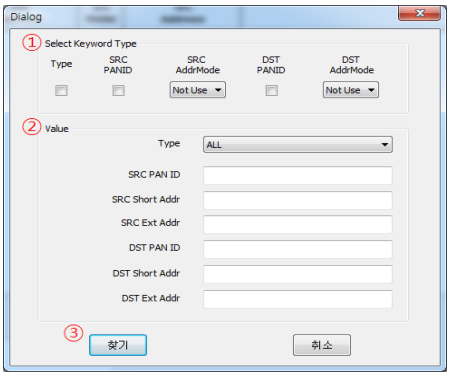

그림 9. 필터링 설정 다이얼로그
Fig. 9 Filtering dialog

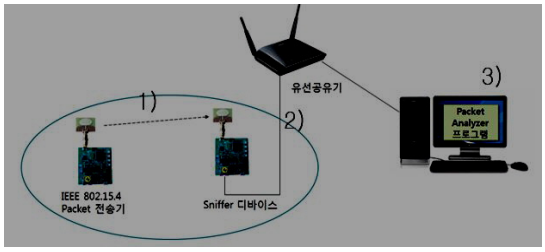

그림 10. 패킷 분석 시스템 검증 절차
Fig. 10 Verification procedure of packet anlayzer

IR-UWB 패킷 분석 시스템 검증 절차는 다음과 같다.

- IEEE 802.15.4a 패킷 프레임 송수신 결과 확인
- 스니퍼 디바이스와 패킷 분석기 PC 프로그램과의 이더넷 연결 확인
- 패킷 분석기 PC 프로그램 기능 확인

V. 결 론

사람과 객체의 위치를 기반으로 하는 측위 서비스, 특히, 실내 환경에서의 측위 서비스가 요구됨에 따라 IR-UWB 기술 개발이 시작되었고, 관련 툴의 개발이 요구되고 있다.

본 논문에서는 IEEE 802.15.4a를 기반으로 한 IR-UWB 패킷 분석기를 설계 및 구현하였다. 패킷 분석 시스템에서 스니퍼 디바이스는 IR-UWB 네트워크를 감시하여 RF상의 패킷 프레임을 획득하여 패킷 분석기 PC 프로그램으로 전송한다. 패킷 분석기 PC 프로그램은 스니퍼로부터 받은 패킷 프레임을 IEEE 802.15.4a 표준에 맞게 분석하여 이를 사용자에게 보여주는 역할을 한다. 또한 IR-UWB 네트워크 전송 속도에 맞추기 위해 이더넷 포트를 사용하여 스니퍼 디바이스 장치의 메모리 사이즈에 제약을 없앴고 데이터 저장/로드, 패킷 필터링 등의 기능을 구현하였다.

앞으로 대두되고 있는 위치 인식 서비스의 응용 분야에 IR-UWB 기술이 이용될 것으로 보이며 여러 노드들을 사용할 경우 이를 내재한 디바이스들이 개발될 것이다. 따라서 본 논문에서 구현한 IEEE 802.15.4a 기반의 IR-UWB패킷 분석기가 유용하게 활용될 것이다. 또한 본 논문의 패킷 분석기는 IEEE 802.15.4a 뿐만 아니라 IEEE 802 시리즈의 MAC 개발 툴로써도 활용이 가능할 것이다.

감사의 글

본 연구는 2013년도 (주)LG이노텍의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사 드립니다.

REFERENCES

[1] IEEE Std. 802.15.4a, *IEEE Standard for Part 15.4: Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for a Low-Rate Wireless Persnal Area Network (LRWPAN),* IEEE, New York, NY., 2007.

[2] M. Oh, J. Kim, "Ranging Implementation for IEEE 802.15.4a IR-UWB Systems," *in Proceeding of the 68th IEEE Vehicular Technology Conference,* Singapore, pp 1071-1081, 2008.

[3] C. W. Lee, H. W. Cho, S. J. Ban and S. W. Kim, "Design and Implementation of IEEE 802.15.4 Packet Analyzer Based on Embedded Linux", *Journal of Control, Automation, and Systems Engineering*, vol. 13, no. 12, pp. 1173-1178, Dec. 2007.

[4] Ubisys, IEEE 802.15.4 Wireshark USB Stick [Online]. Available: http://www.ubisys.de/en/smarthome/products-stick.html.

[5] Texas Instruments. SmartRF Packet Sniffer User's Manual [Online]. Available:http://www.ti.com/lit/ug/swru187g.
[6] Daintree Networks. Product Data Sheet Sensor Network Analyzer[Online]. Available: http://www.daintree.net/sna/sna.php.

임솔(Sol Lim)

2013년 2월 전남대학교 전자공학과 학사
2013년 3월 ~ 전남대학교 전자컴퓨터공학과 석사과정
※관심분야 : 디지털 통신, 무선 통신, 디지털 방송,

이계주(Kye Joo Lee)

2013년 2월 전남대학교 전자공학과 학사
2013년 3월 ~ 전남대학교 전자컴퓨터공학과 석사과정
※관심분야 : 디지털 통신, 유비쿼터스 컴퓨팅, 차량용 통신

김소연(So Yeon Kim)

2013년 8월 전남대학교 전자공학과 학사
2013년 9월 ~ 전남대학교 전자컴퓨터공학과 석사과정
※관심분야 : 디지털 통신, 무선 통신, 차량용 통신

황인태(Intae Hwang)

1990년 2월 전남대학교 전자공학과 학사
1992년 8월 연세대학교 전자공학과 석사
1999년 9월 ~ 2004년 2월 연세대학교 전기전자공학과 박사
1992년 8월 ~ 2006년 2월 LG전자 책임 연구원
2006년 3월 ~ 전남대학교 전자컴퓨터공학부 교수
※관심분야 : 디지털통신, 무선통신시스템, 차세대이동통신, MIMO, OFDM, MIMO-OFDM, Relay, ICIM

김대진(Dae Jin Kim)

1984년 2월 서울대학교 전자공학과 학사
1986년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사
1991년 8월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사
1991년 7월 ~ 1996년 12월 LG전자 멀티미디어연구소 책임 연구원
2009년 3월 ~ 2011년 2월 지식경제부/한국산업기술평가관리원 디지털TV/방송PD
1997년 1월 ~ 전남대학교 전자컴퓨터공학부 교수
※관심분야 : 디지털통신, 디지털방송