
저속도 저전력 PAN 응용을 위한 무선 비동기식 UWB 시스템 설계 및 구현

최성수* · 구인수**

Design and Implementation of Wireless Asynchronous UWB System for low-rate low power PAN applications

Sungsoo Choi* · Insoo Koo**

이 논문은 2007년 울산대학교의 연구비에 의하여 연구되었음

요 약

본 논문에서는 다중객체 인식 시스템과 같은 저용량 데이터전송의 저전력 무선센서네트워크 분야에 적용 가능한 새로운 펄스 방식의 저 속도 무선 비동기식 UWB(Wireless Asynchronous Ultra-Wide band) 시스템을 제안하고 이를 설계 및 구현한다. 특히, 펄스방식의 저전력 UWB시스템을 구현하기 위해서 전형적인 통신시스템의 수신기 구조인 RF단의 믹서, 상관기와 A/D 변환기를 없애고 최대한 단순화된 구조의 무선 비동기방식의 UWB 송수신기를 설계하였다. 또한, 설계된 무선 비동기식 UWB 시스템의 테스트베드를 구현하였고, 구현된 무선 비동기식 UWB 시스템의 응용 시스템 예로 홈 내 또는 강의실과 같은 곳에서 하나의 송신 무선 비동기식 UWB 송신기 측에서 10 m 거리 범위 내에 있는 다수의 수신 무선 비동기식 UWB 측으로 동시에 그림이나 글을 전송할 수 있는 1:N HD(Half Duplex) 방식의 저전력 무선 캔버스(CANVAS) 시스템을 실제 구현하였다. 이를 통해, 제안된 무선 비동기식 UWB 시스템은 LOS(Line of Sight) 채널상태의 전송거리 10m에서 안정적으로 최대 115kbps 급의 전송속도가 지원 가능함을 확인하였다.

ABSTRACT

In the paper, we design a non-coherent UWB system by adopting the architecture of a simplified asynchronous transmission and the edge-triggered pulse transmission, which makes the system performance independent of the shape of the transmitted waveform, robust to multipath channels. The designed non-coherent UWB transceiver architecture has an advantage of the simple realization since any mixer, high-speed correlator, and high-sampling A/D converter are not necessary at the cost of performance degradation of about 3dB. Further, the designed non-coherent UWB transceiver is actually implemented with the wireless CANVAS prototype testbed in short range indoor application environments such as a lecture room. The implemented prototype testbed is proven to offer the data rate of 115kbps on the conditions of Peer-to-Peer (P-to-P) in the indoor channel within the range of about 10m.

키워드

Asynchronous UWB System, WPAN, design, implementation, CANVAS system

* 한국전기연구원

접수일자 : 2007. 6. 15

** (교신저자) 울산대학교 전기전자정보시스템공학부

I. 서 론

UWB(Ultra-Wide Band) 초광대역 무선통신기술은 디지털 부호정보를 나노세컨드($nsec$) 이하의 매우 짧은 폭을 가지는 임펄스 신호로 변환해서 무선으로 전송하는 기술로 휴먼 인터페이스를 비롯하여 미래 지능형 전기·정보가전용 홈 네트워크 구축에 유용하게 사용될 것으로 기대되고 있다[1].

현재 연구되고 있는 UWB 무선기술은 광통신과 같은 수백 Mbps의 초고속통신 분야와 수 kbps급에서 부터 수 Mbps의 전송율을 갖는 센서네트워크의 저용량 무선송수신 노드로 사용되어 질 수 있다. 이같이 초광대역 통신은 임펄스와 같은 불연속 무선신호 전파라는 성질을 이용한 매우 낮은 평균 송신전력의 사용으로 인해 일반적인 무선통신 시 사용되는 연속신호를 전파하는 무선송수신기에 비해 배터리를 기존 무선통신방식보다 수십 배 이상 오래 사용할 수 있는 등 장점을 가지는 차세대 신기술이다[2,3]. 한편, 임펄스 라디오 방식의 UWB 송수신기와 더불어 국제전기전자공학회(IEEE)의 IEEE 802.15 TG3a 표준화그룹에서 기술표준 경쟁을 벌였던 MBOFDM(Multi-band Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 기술을 적용한 UWB 송수신기 또한 차세대 신기술로 각광받고 있으며, 최근 ISO/IEC 국제표준의 패스트 트랙(fast track)을 통해 국제적 표준으로 진행되어 초고속 무선 USB응용 분야 시장진출을 위해 준비 중에 있다 [4,5,6]. 그러나 연속신호를 전파하는 기존 협대역 변복조 방식에서 크게 벗어나지 않아, 사실상 저비용과 저전력 중심의 센서네트워크 무선장치에 적용하기에는 초광대역 사용이라는 측면에서 볼 때 다소 높은 가격이라 보여 진다. 또한 가까운 미래에 도래되는 무선기술은 다양하고 이질적인 WPAN (Wireless Personal Area Network) 내에서 상호통신 또는 단방향 통신을 포함한 센싱, 데이터 제어 전달 역할을 맡는 최적의 무선 송수신 디바이스들을 산업응용에 따라 다양한 측면에서 요구하게 될 것이며, 이는 비용, 성능적인 측면에서 여러 전송 방식이 공존하게 되어 임펄스 라디오 방식의 동기식 및 비동기식 초광대역 수신기등의 장치들에 대한 개별적인 개발이 이어질 것으로 본다. 이는 데이터 전송 속도보다도 전송전력소모가 매우 낮은 위치기반의 저용량 데이터전송 지능형 정보가전용 센서네트워크 응용 분야에 매우 유용하게 사용되는 기술로 미래 지능형 전

기·정보가전 및 에너지 제어를 위한 WPAN(Wireless Personal Area Network) 기반 기술로 발전되리라 본다.

본 논문에서는 이러한 저전력의 저용량 데이터전송 응용분야에 이용될 수 있는 새로운 펄스방식의 UWB 전송방식 및 송수신 시스템구조를 제안한다. 제안된 저속도 무선 비동기식 UWB(Wireless Asynchronous Ultra-Wide band)은 특히, 임펄스의 동기화 및 고속 샘플링문제에 따른 광대역의 정교한 아날로그 부를 고려하지 않는 대신에 비동기식 방식을 적용하여 아날로그 RF 단의 H/W 복잡도 뿐만 아니라 전체 H/W구조도 단순화시켰다. 또한, 설계된 무선 비동기식 UWB 시스템의 테스트베드를 구현하였고, 구현된 무선 비동기식 UWB 시스템의 응용 시스템 예로 홈 내 또는 강의실과 같은 곳에서 하나의 송신 무선 비동기식 UWB측에서 10m 거리 범위 내에 있는 다수의 수신 무선 비동기식 UWB 측으로 동시에 그림이나 글을 전송할 수 있는 1:N HD(Half Duplex) 방식의 저전력 무선 캔버스(CANVAS) 시스템을 실제 구현하였다. 이를 통해, 제안된 무선 비동기식 UWB 시스템은 LOS(Line of Sight) 채널상태의 전송거리 10m에서 안정적으로 최대 115kbps 급의 전송속도가 지원 가능함을 확인하였다.

논문의 제 2절에서는 무선 비동기식 UWB (Wireless Asynchronous UWB)시스템 전체 구조와 내부 중요 모듈별 설계방법 및 시뮬레이션 결과에 대해 논하고, 구현된 무선 비동기식 UWB 송수신기의 무선 CANVAS 시스템에 대한 설명 및 결과를 보여준다. 마지막으로 제 3절에서 맺음말로써 결론을 맺는다.

II. 무선 비동기식 UWB 시스템

2.1 무선 비동기식 UWB 시스템 전체 구조

일반적으로 고려되고 있는 대부분의 UWB 수신기 구조는 무선통신에서의 전형적으로 고려되고 있는 RF단에 고속 믹서부가 있어 안테나를 통해 수신된 펄스신호에 특정 템플릿 기준신호를 곱하여 상관결과를 얻으며, 상관신호를 바탕으로 고속 A/D 컨버터를 통해 베이스밴드 부에서 수신 펄스신호 정보를 판단하게 된다. 그러나 수신펄스의 정보를 정확히 판단하기 위해서는 수신펄스의 정확한 상관결과를 얻어야 하며, 이는 복잡한 고속 동기화알고리즘 및 정교한 아날로그 동기회화로에

대한 고려가 필수적으로 뒤따라야하는 구현상 문제를 안고 있다. 결과적으로 UWB 전체 시스템의 H/W 복잡도를 증가시켜 우리가 고려하고자 하는 저전력 응용분야에 적용하기에 어렵게 된다.

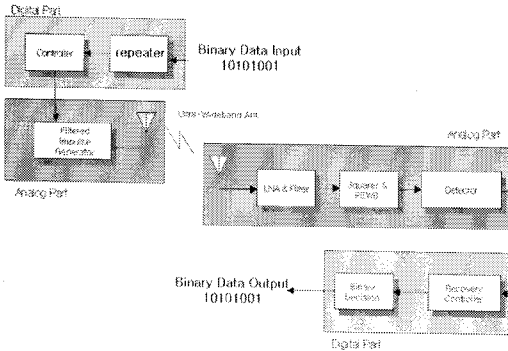


그림 1. 제안된 무선 비동기식 UWB 시스템 블록도
Fig. 1. The proposed asynchronous UWB system block diagram

본 논문에서는 최대한 송수신기 아날로그 부를 단순화시키기 위하여 송신단의 D/A 컨버터와 수신단의 고속 상관기, 믹서 및 고속 발진기를 생략한다. 그림 1은 본문에서 제안하는 무선 비동기식 UWB 시스템의 블록도이다. 무선 비동기식 UWB 시스템의 송신단의 경우, 데이터 입력에 따라 임펄스열 전송을 위해 신호변환을 하는 컨트롤러, 레벨 변환기, 펄스열 생성기 및 임펄스 생성기, 그리고 광대역 안테나로 구성된다. 수신단의 경우 잡음 지수가 낮은 광대역 LNA, LPF, 증폭기 및 신호 검출기로 구성된 아날로그부와 디지털로직변환기, 디지털 상관기로 구성된 디지털부로 나뉘어 구성한다. 그림 2는 전송하고자 하는 데이터 입력 시퀀스로 전체 11bit로 구성된 패킷단위로 시작, 데이터, 패리티, 정지 비트로 이루어져 있다.

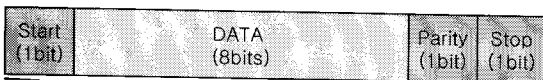


그림 2. 비동기 전송을 위한 데이터 패킷 구성도
Fig. 2. The data packet format for asynchronous transmission

저용량 UWB 전송시스템의 경우 충분히 낮은 수 kbps 급의 데이터 율을 전송하기 때문에 동기식 전송방식보

다도 비동기식으로 데이터를 송수신하는 것이 더욱 효율적이다. 그러므로 그림 2와 같이 전송패킷을 보듯이 단지 시작과 끝나는 플래그(flag)를 알려주고 패리티정보를 포함한 데이터 8비트를 전송하게 되면 실제 구현상 예기치 못하게 일어나는 타이밍 문제로 부터 해결되며 회로의 복잡성을 크게 덜 수 있도록 설계한다.

2.2 임펄스 송신단 설계

2.2.1 임펄스 생성기

초광대역통신의 정의에 의하면 최소 500MHz 이상의 대역을 사용하여 최대의 스펙트럼을 전송하는 통신방식을 말한다. 특히, 본 논문에서 설계된 UWB 방식은 펄스화된 UWB로 매우 작은 폭과 낮은 듀티(duty) 사이클로 되어있는 펄스특성을 이용하여 이들 펄스를 모아 정보를 전송하며, 전송방식은 진폭변조방식을 택하고 있다. 그림 3은 제안된 임펄스 생성기로 단축펄스 생성부와 임펄스 생성부로 구성된 펄스 생성기의 설계블록도이다. 이를 이용하여 펄스폭이 2ns 이내의 모노 펄스를 만들어 전송하게 된다.

2.2.2 송수신 신호변환기

컨트롤러에서는 송신 신호변환을 수행하게 된다. 입력 이진 데이터값을 임펄스로 전송하기 위한 부호화 신호로 변환하고 다시 복호하는 펄스 생성기와 비동기 방식의 송수신 신호변환기로 설계된다. 신호변환기는 CPLD 인 자이링스의 XC9536을 사용해서 HDL 코딩을 한다. 그의 MAX232, 11.0592MHz Oscillator, DC+5V 입력제, D-type 9Pin Serial Connector, RF Connector의 주요 부품과 기타 주변소자들로 구성되며 전원은 DC+5V를 사용하며 독립적인 전원공급을 하도록 설계하였다.

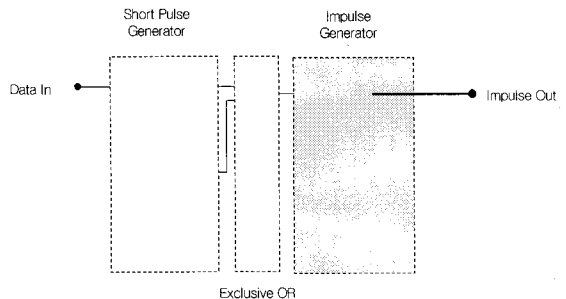


그림 3. 제안된 임펄스 생성기
Fig. 3. The proposed impulse generator

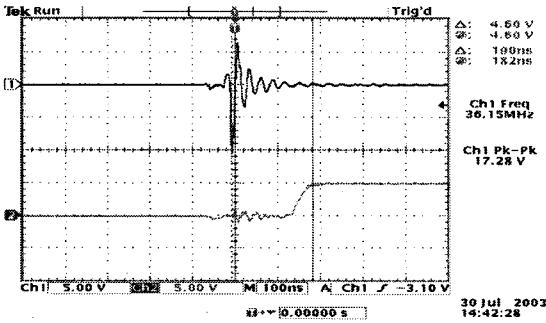


그림 4. 측정된 시간영역 전송 임펄스 파형 및 지연 반응 파형

Fig. 4. The measured time domain impulse waveform and the delay

송신신호 변환동작의 경우: +11V ~ -11V의 범위를 갖고 있는 입력 직렬통신 데이터 신호는 프로그래머블한 CPLD칩을 통해 임펄스 생성을 위한 송신신호로 변환되어진다. 이때 레벨변환기 내부에서는 원래의 신호를 반전시켜 내보내게 된다. 신호를 받는 XC9536의 CPLD에서는 Idle상태(신호가 없는 상태)일 때에는 계속해서 Low(0)을 출력하다가 Rising Edge가 발생되면 약 904ns동안 +5V수준의 High(1)를 출력한 뒤 Low(0)으로 복귀하고 Falling Edge가 발생되면 역시 같은 시간동안의 High(1)를 출력한 뒤 Low(0)으로 복귀한다. 즉 입력 데이터 신호가 변경될 때 마다 일정시간(904ns)의 펄스를 발생시키는 것이다. 이 신호는 임펄스 생성기 입력으로 사용되며 광대역 무선안테나를 통하여 임펄스 데이터를 전송하게 된다.

2.3 임펄스 수신단 설계

2.3.1 신호 검출기

수신된 임펄스 신호는 자유공간채널을 통하여 두 번의 광대역 안테나를 거치게 되며 마치 두 번 미분한 결과의 펄스 형태를 가지게 된다. 이러한 수신 신호에 대한 본 시스템의 신호 검출기는 특정 고속 스텝 리커버리 다이오드와 RC 상수값을 갖는 적분기로 설계하였다. 그림 5와 그림 6은 이러한 신호검출을 위해 설계된 기능블록도 및 실행한 시뮬레이션 결과이다. 제안된 무선 비동기식 UWB시스템에 대한 임펄스 아날로그 송수신부는 ADS 툴을 사용하여 시뮬레이터가 설계 및 검증된다.

2.3.2 수신 신호변환기

컨트롤러에서는 수신 신호변환을 수행하게 된다. 광대역 안테나와 신호검출기를 거친 수신 신호로부터 본래의 신호를 복원해 내기위해 수신 신호변환을 한다. 신호변환기는 CPLD인 XC9536, MAX232, 11.0592MHz Oscillator, DC+5V 입력부, D-type 9Pin Serial Connector, RF Connector의 주요부품과 기타 주변소자들로 구성되며 전원은 DC+5V를 사용하며 독립적인 전원공급을 하도록 설계하였다.

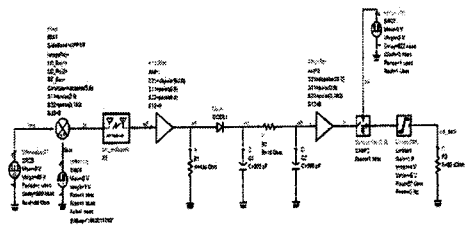


그림 5. 제안된 임펄스 수신 신호 검출기 시뮬레이터

Fig. 5. The proposed simulator for impulse signal detector

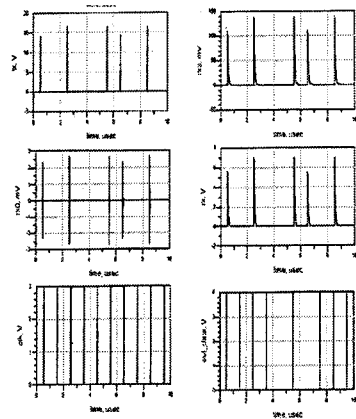


그림 6. 임펄스신호의 수신파형 검출 시뮬레이션 결과

Fig. 6. The received waveform detection simulation result of impulse signals

수신신호 변환동작의 경우: 신호변환기의 수신측에서는 RF 무선송수신기의 수신측에서 전송하는 신호를 받도록 설계되어 있다. 임펄스가 수신되지 않고 있는 상태에서는 High(1) 신호를 출력하고 있다가 상승Edge가 발생하면 2Clock Time(11.0592MHz 사용시 약180ns =

($1/(2 \times \text{Frequency})$) 후에 반전된 신호를 출력한다. 반전된 신호는 직렬 데이터신호로 구성되며 입력을 위하여 레벨 컨버터에서 전압수준을 0V ~ +10V로 바꾼 뒤 반전된 상태로 PC로 전송하게 된다.

2.4 무선 비동기식 UWB를 이용한, CANVAS 응용 시스템 구현

그림 7은 본 논문에서 제안한 무선 비동기식 UWB 송수신기의 테스트베드로 PC로부터 입력 데이터를 받아 임펄스 송신부와 광대역 안테나를 거쳐 아날로그부와 디지털수신부를 통해 출력 데이터가 검출된다. 그림 8은 구현된 무선 비동기식 UWB 송수신기의 테스트베드가 115kbps의 데이터율로 임펄스를 전송할 때 안정적으로 수신신호의 디지털정보를 잘 복원할 수 있음을 보여 준다. 그림 9는 이러한 무선 비동기식 UWB의 송수신기 테스트베드를 활용하여 구현한 캔버스(Canvas) 응용 시스템을 보여 준다. Canvas 프로그래밍은 NI(National

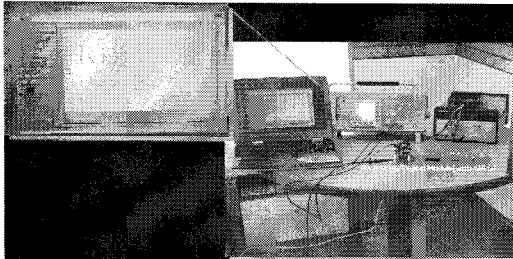


그림 7. 무선비동기식 UWB 송수신 테스트베드
Fig. 7. Asynchronous UWB transceiver test-bed

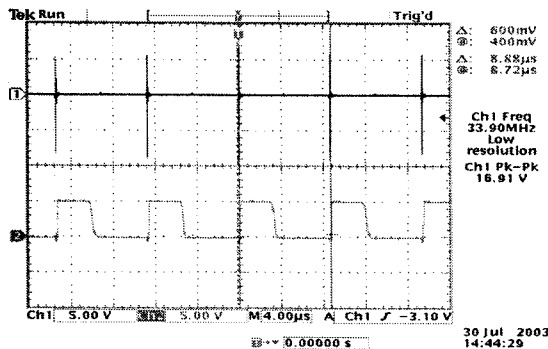


그림 8. 측정된 임펄스 송신 파형과 수신신호의 디지털신호로 변환 타이밍 결과
Fig. 8. The timing result of the measured impulse sending wave form and received signal

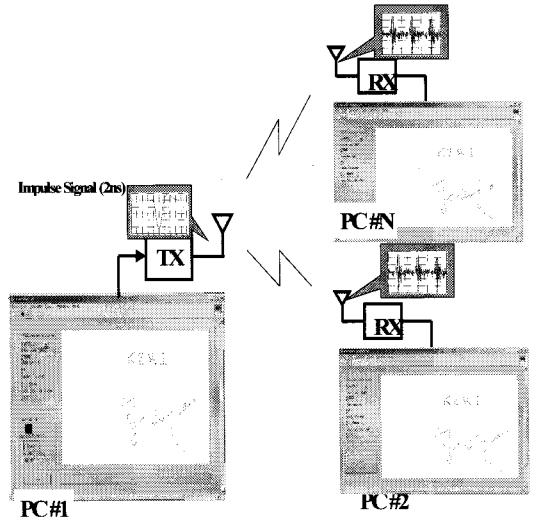


그림 9. 무선 비동기식 UWB 송수신기의 응용 시스템 예로서 구현된 캔버스(Canvas) 시스템
Fig. 9. The CANVAS system implemented by radio asynchronous UWB transceiver

Instrument)사의 LabVIEW 툴을 이용 구현하였으며, 송신하는 무선 비동기식 UWB 측에서 그림이나 글을 캔버스에 그릴 때 10m 거리로 떨어져 있는 다수의 무선 비동기식 UWB 수신기의 창의 캔버스(Canvas)에 동시에 그려지게 되는 시스템을 구현하였다.

III. 결론

본 논문에서 설계된 무선 비동기식 UWB 송수신기는 전력소모를 줄이고자 임펄스신호의 고속 상판기와 고속 A/D 변환기를 고려하지 않았으며, 단순히 저전력 저용량 전송목적에 맞는 전송데이터 패킷과 비동기식 수신방식을 택하였다. 이진 데이터는 NRZ의 신호로 2ns 이하의 펄스폭을 갖는 임펄스로 전송하고 이를 검출하여 신호변환하는 간단한 디지털 송수신기를 설계하였다. 설계된 무선 비동기식 UWB시스템을 바탕으로 최대 115kbps급의 Peer-to-Peer 송수신을 확인하였으며, 이를 기반으로 저전력 무선 캔버스(Canvas) 시스템을 구현하였다.

참고문헌

- [1] 윤두영, 전수연, "UWB 기술 개요 및 주파수 정책 동향," 정보통신정책, 통권 397호, 제 18권 13호, pp.1-20, 2006년 7월.
- [2] Ian Oppermann et. al., UWB Theory and Application, John Wiley & Sons, 2004.
- [3] Maria-Gabriella Di Benedetto et. al, Understanding Ultra Wide Band Radio Fundamentals, Prentice Hall, 2004.
- [4] Todor Cooklev, "Wireless Communication Standards," Standards Information Network, IEEE Press, 2004.
- [5] Bluetooth Special Interest Group, "Core Specification Version 1.1," Specification of the Bluetooth System, February 22, 2001.
- [6] IEEE Std 802.15.4 IEEE Standard for Information Technology-Telecommunications and Information Exchange between Systems-local and Metropolitan Area Networks- Specific requirements, Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPAN), October 1, 2003.

저자소개



최 성 수(Sungsoo Choi)

1996. 2 경원대학교 전자공학과 졸업 (학사)
1998. 2 광주과학기술원 정보통신공학과 졸업 (석사)
2002. 9 Pre-Doctoral Assistant with University of Minnesota
2003. 2 광주과학기술원 정보통신공학과 졸업 (박사)
2004. 9 University of Minnesota 초빙연구원
2003. 2 ~ 현재 한국전기연구원 전기정보망기술연구 그룹 선임연구원
2003. 3 ~ 현재 한국과학기술연합대학원대학교 겸임교수
※관심분야: UWB, 센서네트워크, 전력선통신시스템



구 인 수(Insoo Koo)

울산대학교
전기전자정보시스템공학부
※관심분야: 센서네트워크, 차세대이동통신, UWB