

무선 비동기식 UWB (WU) 시스템 구현

최성수, 오휘명, 이원태, 김관호
한국전기연구원

Implementation of Wireless Asynchronous UWB System

Sungsoo Choi, Huimyung Oh, and Won-Tae Lee, and Kwan-Ho Kim
Korea Electrotechnology Research Institute(KERI)

Abstract - 본 논문에서는 다중객체 인식 시스템과 같은 저용량 데이터전송의 저전력 무선센서네트워크 분야에 적용 가능한 새로운 펄스 방식의 저용량 UWB 통신 시스템을 제안하고 이를 설계 및 구현한다. 특히, 펄스 방식의 저전력 UWB시스템을 구현하기위해서 전형적인 통신시스템의 수신기 구조인 RF단의 믹서, 상관기와 A/D 변환기를 없애고 최대한 단순화된 구조의 무선 비동기 방식의 초광대역 송수신기를 설계한다. 설계된 WAU (Wireless Asynchronous Ultra-Wide band)시스템은 홈 내 또는 강의실과 같은 곳에서 1:N HD(Half Duplex) 방식으로 저전력 무선 CANVAS 전송이 가능토록 실제 구현되었다. 구현된 WAU 시스템은 P-to-P(Peer-to-Peer) LOS(Line of Sight) 채널상태의 전송거리 10 m 에서 안정적으로 최대 115kbps 급의 전송속도가 지원 가능함을 측정하였다.

용분야에 이용될 수 있는 새로운 펄스방식의 UWB 전송 방식 및 송수신 시스템구조를 제안한다. 특히, 임펄스의 동기화 및 고속 샘플링문제에 따른 광대역의 정교한 아날로그 부를 고려하지 않는 대신에 비동기식 방식을 적용하여 아날로그 RF단의 H/W 복잡도 뿐만 아니라 전체 H/W구조도 단순화 시켰으며, 단방향 1: N peer-to-peer 저용량 데이터전송을 가능케 하여 저전력 무선용분야에 적용 가능토록 한다.

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

2. 무선 비동기식 UWB (WU) 시스템

2.1 WAU 시스템

일반적으로 고려되고 있는 대부분의 UWB 수신기 구조는 무선통신에서의 전형적으로 고려되고 있는 RF단 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 수신 펄스의 정보를 정확히 판단하기 위해서는 수신펄스의 정확한 상관결과를 얻어야 하며, 이는 복잡한 고속화 동기화알고리즘 및 정교한 아날로그 동기화회로에 대한 고려가 필수적으로 뒤따라야하는 구현상 문제를 안고 있다. 결과적으로 UWB 전체 시스템의 H/W 복잡도를 증가시켜 우리가 고려하고자 하는 저전력 응용분야에 적용하기에 어렵게 된다.

1. 서 론

UWB(Ultra-Wide Band) 무선기술은 디지털 부호정보를 나노세컨드(nsec) 이하의 매우 짧은 폭을 가지는 임펄스 신호로 변환해서 무선으로 전송하는 기술로 휴먼 인터페이스를 비롯하여 미래 지능형 전기·정보가전 응용 네트워크 구축에 유용하게 사용될 것으로 기대된다. 특히, UWB 무선기술은 광통신과 같은 수백 Mbps의 초고속통신이 가능하며 매우 낮은 송신전력의 사용으로 배터리가 기존 무선통신방식보다 수십 배 이상 오래 사용할 수 있는 등 장점을 가지는 차세대 신기술이다.

2002년 2월에 FCC(미 연방 통신위원회)가 UWB의 상업적 사용을 허가함에 따라 이에 대한 국제적인 표준화 작업이 활발히 진행 중에 있으며, 현재 UWB무선기술의 국제 표준화는 크게 두 가지 응용 카테고리 나뉘어 진행되고 있다. 그 중 대용량 데이터전송용 UWB PHY는 국제전기전자공학회의 IEEE 802.15 TG3a에서 표준화를 진행하고 있으며, 또한 저전력·저용량 데이터전송용 UWB 물리계층은 IEEE 802.15 TG4a의 표준화그룹에서 준비 중에 있으며 현재 기술제안서를 받고 있는 중이다. 대용량 데이터전송 UWB PHY기술은 제안된 다중밴드 OFDM방식 또는 임펄스 DS-SS방식의 둘 중 성능이 우수한 방식이 올해 내로 선정될 예정이다. 다중밴드 OFDM 방식의 UWB송수신기 구조는 서브 밴드당 수백 MHz 대역을 분리하여 사용하는 것으로 기존의 협대역에서의 OFDM과 유사한 전송기술을 채택하고 있으며, 다른 하나는 전송대역을 5GHz 경계로 사용 주파수를 저대역 또는 고대역의 단일밴드를 사용하는 임펄스방식의 CDMA 전송구조를 갖는 방식이다. 한편 IEEE802.15 TG4a에서 표준화진행 중인 UWB 무선기술은 데이터 전송 속도보다도 전송전력소모가 매우 낮은 위치기반의 저용량 데이터전송 지능형 정보가전용 센서네트워크 응용 분야에 매우 유용하게 사용되는 기술이다.

본 논문에서는 이러한 저전력의 저용량 데이터전송 용

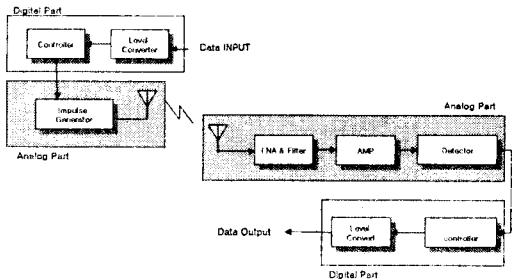


그림 1 : 제안된 무선 비동기식 UWB 시스템 블록도

본 논문에서는 최대한 송수신기 아날로그 부를 단순화시키기 위하여 송신단의 D/A 컨버터와 수신단의 고속상관기, 믹서 및 고속 OSC를 생략한다. 아래 그림1은 본 논문에서 제안하는 무선 비동기식 UWB 시스템의 블록도이다. 무선 비동기식 UWB시스템의 송신단의 경우, 데이

터 입력에 따라 임펄스열 전송을 위해 신호변환을 하는 컨트롤러, 레벨 변환기, 펄스열 생성기 및 임펄스 생성기, 그리고 광대역 안테나로 구성된다. 수신단의 경우 noise figure가 낮은 광대역 LNA, LPF, 증폭기 및 신호 검출기로 구성된 아날로그부와 디지털로직변환기, 디지털상관기로 구성된 디지털부로 나뉘어 구성한다.

그림 2는 전송하고자 하는 데이터 입력 시퀀스로 전체 11bit로 구성된 패킷단위로 시작, 데이터, 패리티, 정지비트로 이루어져 있다.

Start (1bit)	DATA (8bits)	Parity (1bit)	Stop (1bit)
--------------	--------------	---------------	-------------

그림 2 : 비동기 전송을 위한 데이터 패킷 구성도

저용량 UWB전송시스템의 경우 충분히 낮은 수 kbps급의 데이터율을 전송하기 때문에 동기식 전송방식보다도 비동기식으로 데이터를 송수신하는 것이 더욱 효율적이다. 그러므로 그림 2와 같이 전송패킷을 보듯이 단지 시작과 끝나는 flag를 알려주고 패리티정보를 포함한 데이터 8비트를 전송하게 되면 실제 구현상 예기치 못하게 일어나는 타이밍 문제로 부터 해결되며 회로의 복잡성을 크게 덜 수 있다.

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 UWB방식은 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 단축펄스생성부와 임펄스생성부로 구성된 펄스생성기의 설계블록도이다. 이를 이용하여 펄스 폭이 2ns 이내의 모노 펄스를 만들어 전송하게 된다.

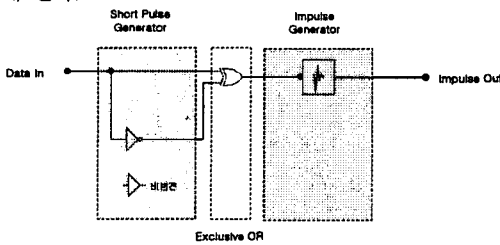


그림 3 : 제안된 임펄스 생성기

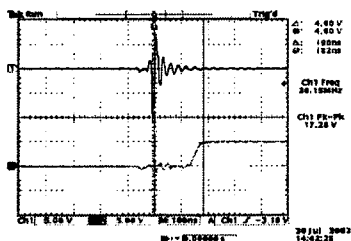


그림 4 : 측정된 시간연역 전송 임펄스 파형 및 지연 반응 파형

2.2.2 송수신 신호변환기

컨트롤러에서는 송신 신호변환을 수행하게 된다. 입력이진 데이터값을 임펄스로 전송하기 위한 부호화 신호로 변환하고 다시 복호하는 펄스생성기와 비동기방식의 송수신변환기로 설계된다. 신호변환기는 CPLD인 자이링스의 XC9536을 사용해서 HDL코딩을 한다. 그 외 MAX232, 11.0592MHz Oscillator, DC+5V입력책, D-type 9Pin Serial Connector, RF Connector의 주요부품과 기타 주변소자들로 구성되며 전원은 DC+5V를 사용하며 독립적인 전원공급을 하도록 설계된다.

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 없는상태)일 때에는 계속해서 Low(0)을 출력하다가 Rising Edge가 발생되면 약 904ns 동안 +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 Data를 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 결과인 펄스의 형태를 띄게 된다. 이러한 수신 신호에 대한 본 시스템의 신호 검출기는 특정 고속 스텝 리커버리 다이오드와 RC상수값을 갖는 적분기로 설계한다. 그림 5와 그림 6은 이러한 신호검출을 위해 설계된 기능블록도 및 실행된 시뮬레이션 결과이다. 제안된 WAU시스템에 대한 임펄스 아날로그 송수신부는 ADS 툴을 사용하여 시뮬레이터가 설계 및 검증된다.

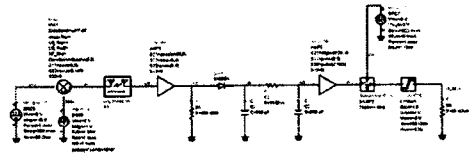
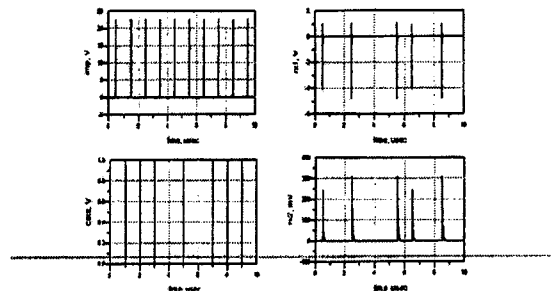


그림 5: 제안된 임펄스 수신 신호 검출기 시뮬레이터



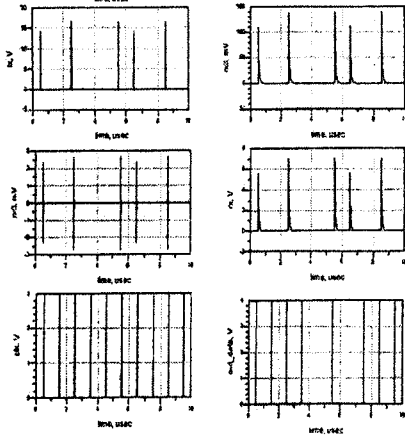


그림 6 : 임펄스신호의 수신과형 검출 시물레이션결과

2.3.2 수신 신호변환기

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

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= $1/\text{Freq.} \times 2$) 후에 반전된 신호를 출력한다. 반전된 신호는 직렬 데이터신호로 구성되며 입력을 위하여 레벨 컨버터에서 전압수준을 0V ~ +10V로 바꾼뒤 반전된 상태로 PC로 전송하게 된다. 아래 그림은 수신펄스에 대한 신호 변환 타이밍 다이어그램이다. 수신 시 펄스에 따라 신호 데이터가 변환됨을 볼 수 있다.

2.5 WAU를 이용한 CANVAS 시스템 구현

그림 7은 본 논문에서 제안한 WAU 송수신기의 테스트베드로 PC로부터 입력 데이터를 받아 임펄스 송신부와 광대역 안테나를 거쳐 아날로그부와 디지털수신부를 통해 출력 데이터가 검출된다. 그림 8은 115kbps의 데이터율로 임펄스를 전송할 때 안정적으로 수신신호의 디지털정보가 복원됨을 보여준다. 그림 9는 이러한 WAU송수신기로 구현된 Canvas 응용 System이다. Canvas 프로그래밍은 NI(National Instrument)사의 LabVIEW를 이용하였으며, 송신하는 측에서 그림이나 글을 캔버스에 그릴 때 10 m 거리로 떨어져 있는 다수의 수신기

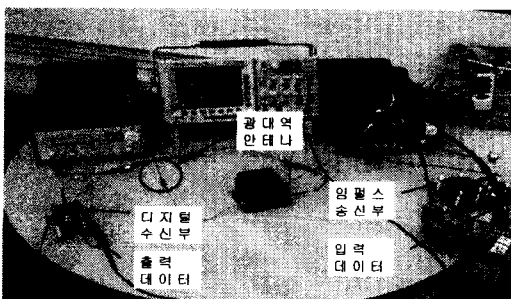


그림7: 무선비동기식 UWB(WAU) 송수신 테스트베드.

의 창의 캔버스에 동시에 그려지게 되는 시스템이다.

3. 결론

본 논문에서 설계된 무선 비동기식 UWB 송수신기는 전력소모를 줄이고자 임펄스신호의 고속 상관기와 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 WAU시스템을 바탕으로 최대 115kbps급의 Peer-to-Peer 송수신을 확인하였으며, 이를 토대로 저전력 무선Canvas시스템을 구현하였다.

[참고 문헌]

- [1] "First Report and Order in the Matter of Revision of Part 15 of the Commission's Rules Regarding Ultra-Wideband Transmission Systems," FCC, released, ET Docket 98-153, FCC02-48, Apr. 22, 2002.
- [2] R. A. Scholtz and M.Z. Win, "Impulse Radio," in Wireless Commun., TDMA Versus CDMA, S.Glisic and P. Leppanen, Eds. London, U.K: Kluwer, pp. 245-263, 1997.
- [3] M. Z. Win and R. A. Scholtz, "Ultra Wideband Bandwidth Time-hopping SS Impulse Radio for Wireless Multiple Access Communications, IEEE Trans. Comm., vol. 48, No. 4, pp 679-689, April, 2000
- [4] M. Z. Win and R. A. Scholtz, "On the Robustness of Ultra-Wide Bandwidth Signals in Dense Multipath Environments," IEEE Commun. Lett., vol. 2, pp. 51-53, Feb. 1998.

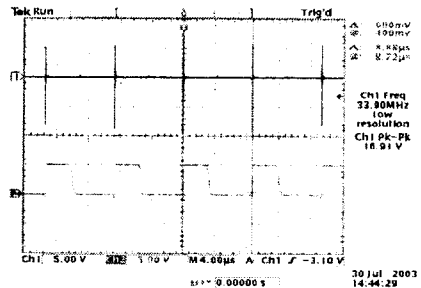


그림 8 : 측정된 임펄스송신 파형과 수신 신호의 디지털신호로 변환 타이밍 결과

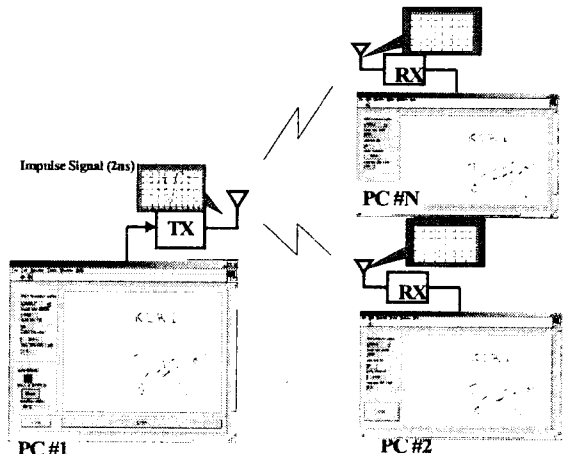


그림 9 : WAU 송수신기 응용 CANVAS 시스템