

생체신호 무선 송수신을 위한 소형,저전력 통신시스템 개발

Low-power wireless communication System for Biosignal transmission

*이강휘¹⁾, 이정환¹⁾, 김경섭¹⁾, 김동준²⁾

*Kang-Hwi Lee¹⁾, Jeong-Whan Lee¹⁾, Kyeong-Seop Kim¹⁾, Dong-Jun Kim²⁾

¹⁾ 충북 충주시 단월동 322번지 건국대학교 충주캠퍼스 의료생명대학 의학공학부

²⁾ 충북 청주시 상당구 내덕동 36번지 청주대학교 이공대학 정보통신공학부

Abstract - Inconveniences which might arise in transmitting measured biological data based on cable protocols generally are recognized critical points in tele-monitoring environment and also restrict the mobility of the user. a. Especially, activity monitoring which is importantly recognized as a core parameter in ubiquitous healthcare arena and weight management, pervasive and wireless measuring technology is most needed. In this paper, we would like to suggest lower power, miniaturized communication system in order to solve the above problems. The suggested system is powered by small coin-size battery. Also, The suggested system is compared with a blue-tooth module which is generally available in the commercial market. Even though, the suggested system didn't have higher transmission rate, its low power consumption make the suggested system would be feasible in ubiquitous monitoring of biological signals in ubiquitous healthcare arena.

Key Words :유비쿼터스, 생체신호, 무선통신, 저전력, RF

1.서론

최근 유비쿼터스 컴퓨팅(Ubiquitous Computing)환경의 보편화로 인하여, 언제 어디서나 개인의 건강관리(health-care)를 위한 새로운 건강관리 기술의 필요성이 대두되고 있다[1]. 이와 같은 u-health에서의 가장 핵심적으로 필요로 되어지는 기술이 프로세싱 기능을 포함한 소형의 저전력 계측 및 무선 송수신 시스템이 필수적이다. 따라서 프로세서의 선정에 있어서 소비전력이 매우 중요한 요소가 되는데 이를 위하여 본 연구에서는 Texas Instruments사의 MSP430 계열중 3.3V 구동전압, 16비트 RISC-CPU 코어(Core), 1MIPS 처리능력, 1MHz에서 300uA의 전류를 소비하는 1232 시리즈를 마이크로 콘트롤러를 사용하였다. 또한 무선 송수신부는 저전력 고속의 데이터 전송을 위해 Shockburst Mode라 불리는 패킷(Packet)방식의 전송방식을 통해 1Mbps의 전송속도를 지원하며, 저전력 데이터 전송에 우수한 성능을 보이는 Nordic Semiconductor 사의 nRF2401 칩을 사용하였다. 또한 수신부 모듈에서는 컴퓨터와의 연결성(Connectivity)을 향상시키기 위한 플러그앤플레이(Plug&Play)를 지원하기 위해 Silicon Lab사의 CP2101칩(USB-UART Bridge)을 사용함으로써 USB 연결 콘넥터를 가진 일반 컴퓨터 기반의 송수신 모듈을 개발 하였다.

2. 저전력 무선 송수신 시스템의 설계

2.1절 무선 송수신 시스템의 구성

nRF2401은 2.4GHz 대역의 주파수와 채널 스캔(Scan)을 통해 여러개의 채널을 공유할 수 있어 근거리 확장형 통신이 가능하다. 또한 3wire 직렬 인터페이스(serial interface)를 통해 칩 제어가 용이하고 Shockburst TX모드에서 10.5mA RX모드 에서 18mA 전류소비를 통해 최소 전력 소비를 구현한다. 이 칩의 구동에는 사용자 선택에 의해 Direct Mode 와Shock burst Mode 두 가지가 있는데 우리는 저전력을 위한 구동이 목적이기 때문에 두번째 모드인 Shockburst Mode를 사용하였다. Shockburst mode는 수직되어 컨디셔닝(conditioning)되어진 신호나 데이터를 일정한 바이트 단위로 패키징(Packaging)과 압축을 통하여 하나의 특정 폼(Form)으로 변환시켜 클럭(Clock)에 맞추어서 한번에 전송하는 방식이다. 이 전송모드에서는 최대 한번에 256Bits의 데이터를 보낼 수 있는데 데이터 전송을 위해 매번 만들어지는 Pre-amble단의 포맷(Format)의 낭비를 막아주어 전류 소비의 효율성을 높여준다. nRF2401 모듈을 제어하고 수집되어진 데이터의 처리를 위해서는 메인 프로세서가 필요하다. 저전력과 10bits 200kbps 샘플 레이트(Sample rate)를 통해 아날로그 신호를 처리할수 있는 능력을 갖춘 TI사의 MSP430 시리즈는 저전력 프로세서의 대명사라 불린다.그

이유는 내부 레지스터를 통해 슬립(Sleep)모드를 사용할 수 있는데 이를 통해 최소한의 전류를 소비하게 하여 저전력 구동에 있어 탁월한 성능을 보이기 때문인데 1MHz 구동모드일 때 약 200uA의 전류 소비를 보이며 슬립모드에서는 단지 0.1uA만을 소모하여 배터리 구동시 장기간 사용이 가능하다는 장점이 있다. 또한 직렬통신 프로토콜(Serial Communication Interface/UART)를 통해 다른 모듈과 인터페이스가 용이하고 8kb의 Flash Memory와 256B의 RAM이 있어 큰 용량의 데이터를 처리 해낼 수 있다[2]. 이렇게 통신을 전담하게 되는 nRF2401 RF 칩과 이를 제어 하는 프로세서인 MSP430을 통해 전송 모듈을 구현하였으며 수신 모듈에는 데이터를 컴퓨터로 전송하고 이를 처리하기 위해 컴퓨터와의 인터페이스를 확장하고자 전원공급이 가능한 USB 프로토콜을 이용하게 되었다. 이를 통해 USB 허브(Hub)를 통해 데이터 버퍼(Buffer)를 구현하게 되었다[3].

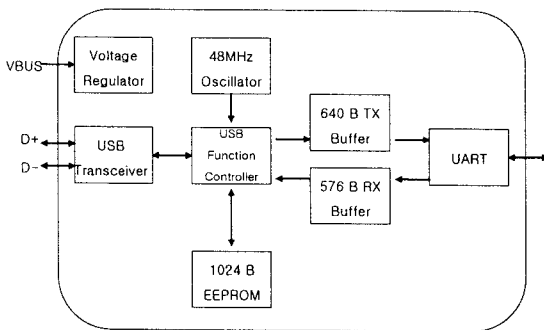


그림 1 .CP2102 블록 선도

2.2절 구성

nRF2401 프로세스에는 Shockburst 모드가 내장되어 있다. Shockburst 모드에서의 전류소비는 일반 전송모드에 비해서 10배정도 작다. 같은 양의 데이터를 전송할 때 전송 시간을 단축시켜 전류소모를 줄이는 방식을 취한다.

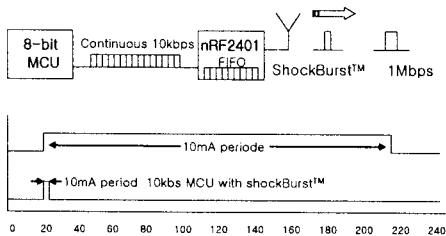


그림 2 . Shockburst모드에서의 전류소비

데이터 흐름도를 기반으로 각 프로세스 단을 CAD를 이용하여 회로도를 도안 하고 PCB설계를 통해 테스트 모델을 구현하였다. 특히 무선 통신의 핵심이 되는 최대 전송거리를 위해 송수신 안테나의 임피던스 매칭을 마이크로스트립(Microstrip)구성을 통하여 50Ω으로 설정하였으며 모듈의 소형화를 위해 최근에 개발되어 사용되고 있는 세라믹 칩 안테나를 사용하였다. 또한 지금 사용하고자 하는 nRF2401의

최대 전송 속도가 2.4GHz에 달하기 때문에 안테나 설계에 있어 마이크로스트립의 설계를 고려하지 않을 수 없는데 이를 위한 정리가 다음과 같다.

$$Z = \frac{60}{\sqrt{\epsilon}} \ln\left(\frac{8h}{W} + \frac{W}{4h}\right) \quad Wh \leq 1 \quad (1)$$

$$\frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon [Wh + 1.393 + 0.667 \ln(Wh + 1.444)]}} \quad Wh \geq 1 \quad (2)$$

$$\epsilon_{\epsilon} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \frac{1}{\sqrt{1 + 12h/W}} \quad (3)$$

식(1)~(2)의 공식에서 유도 되어진 최적의 임피던스에 맞춰 따라 식(3)의 유전율(ε)값이 정해지고 이 값을 이용하여 PCB 위의 안테나 위치와 크기를 고려하여 설계가 이루어졌다. RF 송수신단을 제어하기위해 MSP430 1232프로세스가 탑재 되었는데 자체적으로 소프트웨어를 프로그래밍하기 위해 SMD 타입의 J-TAG커넥터를 사용하였다. 또한 테스트 모델 에서는 여러 가지 응용(Application)을 위해 확장이 가능하도록 포트를 외부로 열어두었으며 이를 통해 실험이 가능하게 하였다. 또한 컴퓨터간의 데이터 전송의 실험을 위해 자주 사용되는 USB 포트를 통해 데이터의 통신이 이루어 질수 있게 UART-USB Bridge를 사용하였다. 또한 여기에 사용되어진 CP2102는 USB단에서 나온 5V 전압을 3V로 Regulator 시켜주는 기능이 있는 데 이를 활용하면 별도의 외부 전원 없이 단지 컴퓨터와의 연결만으로 모듈에 전원 공급이 가능하기 때문에 모델의 소형화에 더욱 유리하다. 다음 <그림3>이 CP2102 에서 제공하는 전압 생성 선도 이다.

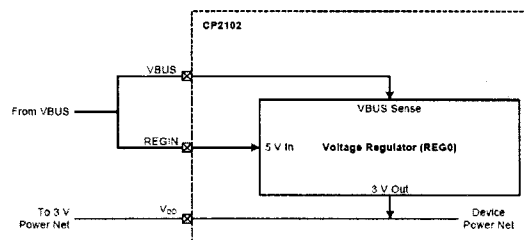


그림 3 .CP2102 전압 레귤레이터

위의 제작과정을 통해 <그림4> 와 같은 초기 모델을 구현하게 되었다. <그림4>는 송신부 모듈로써 가로 40mm 세로 28mm의 크기를 가지고 있다. 외부 신호의 A/D를 위해 포트와 직렬 통신을 위한 UART 포트가 외부로 확장되어 있다.

<그림5>는 컴퓨터의 USB 포트를 사용하기 위해 CP2102 칩이 탑재되어 있는 수신부 모듈이다.

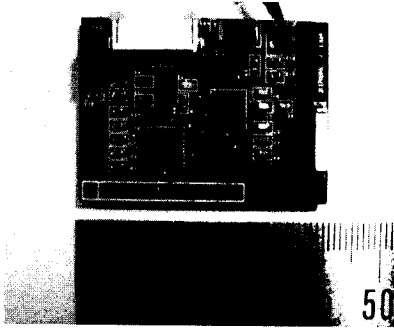


그림 4. 송신부 모듈

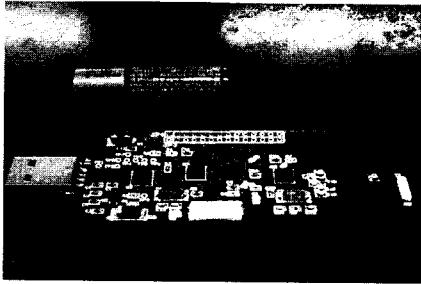


그림 5. 수신부 모듈

2.3절 실험

1. 컴퓨터간의 데이터 전송 실험

제작된 모듈을 이용하여 두 대의 컴퓨터에 각각 연결한 후 통신이 이루어지는지를 시험하였다. 이를 위해 프로그래밍을 통해 전송/수신을 위한 초기화를 시켜주고 동일한 채널을 통해 데이터를 ShockBurst 방식으로 전송시키는 실험을 하였다.

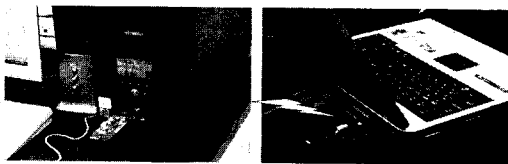


그림6. 전송/수신 실험

그리고 두 모듈간의 거리에 따른 통신의 감도를 측정 해보기 위해 10M 간격으로 이동하면서 점차 거리를 늘려 가면서 통신 상태를 점검하였다. 시리얼 통신 프로그램을 이용하여 데이터의 이동결과를 확인한 결과 데이터의 손실 없이 무선 통신이 이루어지는 것을 확인하였으며 장애물이 없는 곳에서 직선거리로 60M까지 통신이 이루어지는 것을 확인하였다.

2. Bluetooth와의 전류소비 비교실험

제작된 모듈의 전류소비가 어느 정도 개선되었는지를 파악하기 위해 Bluetooth모듈과 의 전류소비 비교 실험을 하였다. 항목은 주파수 대역 ,소비전력, 속도, 전송거리를 비교대상으로 하였다.

표 1. Bluetooth와 nRF2401 비교사양.

	Bluetooth	nRF2401
주파수대역	2.4GHz	2.4GHz
소모전류	최대 100mA	최대 18mA
전송거리	최대100M	60M
입력전원	+3.3 ~ 12Vdc	+1.9 ~ 3.6Vdc
Full speed	723kbps + 57kbps	1Mbps
Transmit power	20dBm Max	5dBm
동작시간 (AAA 1.5V)	10시간	50시간

3. A/D컨버터를 통한 생체신호 전송 실험

ECG 계측기에서 측정된 신호를 전송부 모듈의 프로세서에서 A/D 신호 변환을 통해 RF무선 통신 방식으로 외부로 데이터를 전송해주는 실험이다. 이 실험을 통해 아날로그 데이터가 손실 없이 전송이 이루어지는 가를 보는 실험을 수행하였다. 실험 결과 200kbps의 Sample Rate로 변환된 신호가 손실 없이 전송되는 것을 확인할 수 있다.

위의 모듈을 이용하여 컴퓨터간의 데이터 송수신을 테스트하고 프로세서를 이용하여 생체신호와 같은 연속적인 신호를 A/D 변환을 통해 전송한 후 이를 컴퓨터에서 확인해본 결과 Bluetooth에 비해 전력효율이 80mA/h 향상되었다. 따라서 배터리를 통한 동작 가능 시간이 5배 이상 늘어났다.

3.결론

이번 연구의 핵심은 소형 저전력의 RF 무선 송수신 시스템의 개발에 있다. 따라서 목적에 맞는 칩을 선택하고 각각의 프로세스의 특징을 적절히 활용하여 이를 휴대용 무선 통신 모듈로 구현하기 위해 여러 가지 실험을 병행하면서 테스트를 하였다. 그 결과 nRF2401의 ShockBurst 모드를 통한 데이터 패킷 전송이 전류소비를 대폭 줄여 배터리로 구동되는 방식의 휴대용 무선기기 사용 가능 시간이 향상되었다. 따라서 이번 연구를 통해 제작된 RF모듈은 저전력 다 채널 무선 전송 방식을 통해 홈-유비쿼터스 시스템이나 각종 운동측정 실험과 같은 소형 저전력 소비의 비침습(Non-invasive),비접촉(Non-contact),무의식(Non-intrusive)적인 생체신호 측정 기술에 적용할 수 있다.

이 논문은 2005년도 교육인적자원부 지방연구중심대학 육성사업의 지원에 의하여 연구되었음."

[참 고 문 헌]

- [1]박승창 외 4인 "유비쿼터스 센서 네트워크 기술",jinhanm&b / 9 2005
- [2] "MSP430x1xx Family User`s guide" 2005
- [3] Richard C. Dorf and Robert H.Bishop "Modern Control System",Pearson / Prentice Hall ,vol 10 2004