

Variable Voltage을 사용한 저전력 센서 성능 향상 메커니즘 구현

이경호^o 임경수, 한규호, 안순신
{pooh.lee^o, angus, garget, sunshin}@dsys.korea.ac.kr

Power efficient SN implementation using variable voltage

Kyungho Lee^o, kyungsoo Lim, Kyuho Han, Sunshin An
Department of Electronics Engineering, Korea University

요 약

Ubiquitous Computing 시대가 도래하면서 USN은 다양한 분야에 적용되고 결국 지능형 유비쿼터스 센서 네트워크로 진화될 것이다. 센서네트워크는 네트워크를 구성하는 일정지역에 많은 수의 센서 노드가 배치되는 만큼 그에 따른 가장 큰 제약조건은 유한한 battery수명이다. 따라서 가용에너지가 작은 sensor node를 에너지 효율성을 고려하여 제작해서 적은 에너지 소모를 가지는 long-life sensor node를 만든다면 보다 현실적인 USN 실현에 가까이 갈 수 있다. 여기에 우리는 DVS(Dynamic Voltage Scaling)라는 scheme을 기반으로 power-efficiency sensor node를 제작하였다. Variable Voltage을 CPU에 공급하거나 사용하지 않는 state에 있는 경우의 RF transceiver, clock, sensor등을 on/off control함으로써 성능향상을 가할 수 있다.

1. 서론

USN(Ubiquitous Sensor Node)의 가장 큰 특징은 센서 네트워크 노드들이 독자적으로 네트워크를 구성한다는 것에 있다.[1] 즉, 무선네트워크기술을 이용해 구성을 해야 되는데 지금까지 개발된 블루투스(Bluetooth)나 무선랜(wireless LAN)등의 무선네트워크 기술들은 반드시 컴퓨터나 PDA같은 고급 컴퓨팅 장치를 필요로 했다. 하지만 센서네트워크의 특성상 센서 노드는 가격과 유지 보수 문제 등으로 고급 컴퓨팅 장비를 사용할 수 없다. 그래서 저전력으로 설계 되어야 하고 여러 응용분야에 따라 어떠한 구조에도 효과적으로 사용될 수 있도록 유연성과 모듈성을 갖추고 있어야 한다.

본 논문에서는 보다 효과적인 USN을 실현시키기 위하여 구체적인 저전력 소모 센서를 구현을 하였다. 보통의 Sensor node들은 각 H/W Component들이 ON상태로 동작하여 각기의 current consumption을 가지면서 통신을 한다. 이 경우 많은 수의 원하지 않는 current consumption이 불필요한 전력소모를 가져와 유한한 battery의 수명을 단축시킬 수 있다. 여기에 우리는 DVS(Dynamic Voltage Scaling) [2]라는 scheme을 기반으로 power-efficiency sensor node를 제작하였다. Variable Voltage을 CPU에 공급하거나 사용하지 않는 state에 있는 경우의 RF transceiver, clock, sensor등을 on/off control함으로써 성능향상을 가할 수 있도록 하였다.[3]

2. 관련연구

2.1 Intel Mote(iMote)

버클리대의 산업체 파트너인 인텔에서 개발된 Mote시리즈로 ARM기반의 마이크로 프로세서를 사용하고 다양한 응용을 위해 성능을 향상시킨 디자인이다. Intel의 iMote는 32bit ARM7TDMI CPU를 사용하고 12MHz의 clock으로 기존 Mica mote보다 4배정도의 성능을 보이며, 메모리 측면에서도 Mica시리즈보다 훨씬 큰 512KB의 프로그램 메모리와 64KB의 RAM을 사용한다.[4] Zeevo사의 2.4GHz band의 Bluetooth를 사용하였다.

2.2 Moteiv Telos

2004년 초에 출시된 Telos는 IEEE 802.15.4표준을 지원하는 최초의 센서 노드 이다. MCU로는 Texas Instruments의 MSP430을 사용하며 Chipcon사에서 개발된 CC2420 Zigbee[5] 칩을 RF모듈로 사용한다. Telos에서 사용한 MSP430의 장점으로는 wake up time 이 Mica, Mica2가 180us인데 비해 6us면 가능하며 전력소모 역시 active, power일 때 15mW, sleep power일 때 15uW로 Micaw의 33mW, 75uW에 비해 소비 전력이 훨씬 적다.[6] 또 ATmega128 MCU가 2.7V 이하에서 제대로 작동을 안 하는데 반해 MSP430은 그 동작범위가 1.8V까지 떨어져도 작동이 가능하다는 장점을 가지고 있다.

2.3 옥타컴 Nano-24

ETRI에서 개발된 센서 네트워크 운영체제인 나노

Qplus가 포팅되어 있는 플랫폼이다. Nano-24는 Crossbow의 MicaZ 보드와 유사한 구성을 가지며 RF역시 Chipcon사의 CC2420을 사용하여 ZigBee을 지원한다. 특징은 조도, IC온도, 습도, 가스, 초음파, 가속도센서 등 많은 센서 노드를 제공하며 상대적으로 낮은 하드웨어 전류소모를 목적으로 설계되었고 배터리 모니터링 기능을 갖는다.

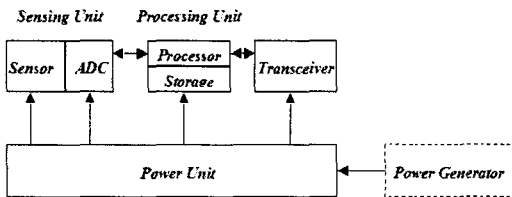
3. Variable voltage input 설계

센서네트워크에 사용되는 Sensor node들은 크게 microprocessor, Transceiver, power unit, sensor 들로 구성되어있다. 그러나 대개의 power unit은 fixed output voltage을 사용하여 다른 추가적인 control을 하지 않음으로 인해 power efficiency를 극대화할 수 없는 결과를 가져온다. 또한 원하는 sensing data을 얻은 다음에도 불필요하게 on이 되어있는 component 들이 존재하여 current consumption이 비효율적으로 소비될 수 있다. 그러므로 DVS(Dynamic Voltage Scaling) scheme을 기반으로 low voltage power input 및 sensor, transceiver, RF용 clock의 on/off 제어가 반드시 필요하다.

본 논문에서 DVS(Dynamic Voltage Scaling)을 제안하는데 있어 기본 아이디어는 다음과 같다. microcontroller가 자기 자신의 input main voltage을 control하고 transceiver의 voltage을 제안함과 동시에 선택하도록 하는 것을 포커스로 하고 있다. 본 논문에서는 다음 세가지 요소가 고려되어 동작한다. 첫 번째 fixed voltage input이 아닌 variable voltage input을 microcontroller 에 인가시키는 것이고 두 번째 sensor 및 RF용 clock의 on/off control을 하는 것이고 그리고 마지막으로 transceiver의 on/off control을 하는 세가지 이다.

3.1. 시스템 구조

그림,1(a)는 기존의 sensor node block diagram이다. 그림,1(a)는 power unit과 sensing unit, processing unit, transceiver part 등 크게 네 부분으로 나뉘어져 있다.[7][8]

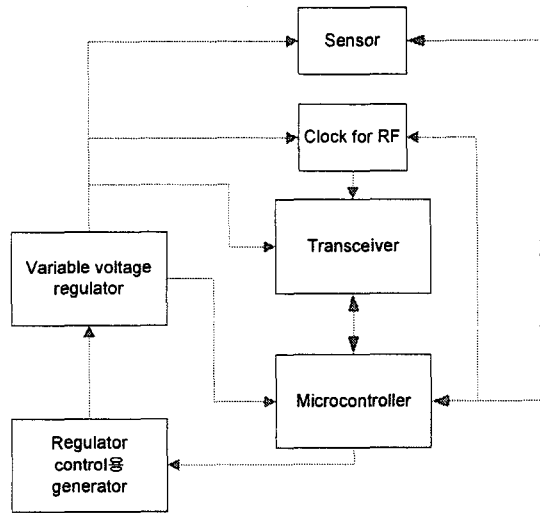


그림,1(a) normal block diagram

하지만 정해진 fixed voltage가 power unit으로부터 생성되어 관련 각 part에 공급되는 구조이므로 current 소모를 최소화 할 수 없는 단점이 존재한다. 그래서 DVS scheme을 이용한 efficiency sensor

node을 제안하고 구현하고자 한다.

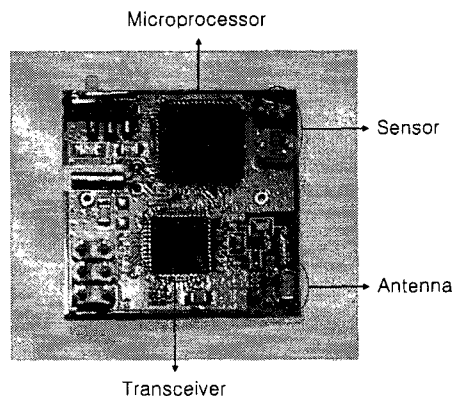
그림,1(b)는 기존의 sensor node block diagram에 power unit을 control할 수 있는 variable voltage control용 circuit을 추가하여 microcontroller가 자기 자신에 인가되는 voltage을 가변 시킨다. 단 조건은 microcontroller의 구동범위가 고려되어야 하고 단 처음 power on시에는 hard-ware적인 강제적인 on을 시켜줘야 한다.



그림, 1(b) Variable voltage input block diagram

3.1.1 Microcontroller and Radio part

그림.2(a)는 Microcontroller 와 transceiver을 이용하여 구성 제작된 PCB(board)이다. Microcontroller 에는 Atmel128, transceiver는 Chipcon사의 CC2420, 2.4GHz용의 chip antenna로 SMD type package의 3mm(H)x1.5mm(W)x 1.5mm(H)의 소형chip antenna

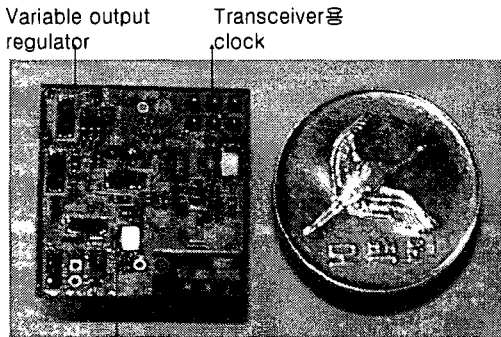


그림, 2 (a)

을 사용하여 공간적인 제약을 최소화 하였다.

3.1.2 Clock and power unit

그림. 2(b)는 clock part와 power unit을 보여주고 있다. 전원인 power의 경우는 Lithium coin battery(3Vx2ea)을 사용하였고 Variable voltage source을 구현하기 위해 linear사의 output이 EN 이외에 output voltage을 가변 할 수 있는 추가 control pin이 존재하는 regulator를 사용하고 micrel사의 load switch를 사용하여 필요로 하는 variable voltage output을 구현하였다. High voltage, low voltage을 각 state에 맞게 microcontroller 가 선택가능 하도록 H/W circuit을 꾸며서 선택성 및 효율성을 크게 향상 시킬 수 있다. 또한 사용하지 않는 state에 있는 경우의 RF transceiver 을 on/off control하기 위해 micrel사의 switching regulator를 사용하였고 transceiver용 clock on/off는 GPIO를 통해 microcontroller 가 control하는 구조이다.



Microcontroller 그림, 2(b)용 clock

3.2 Basic variable power 구조

Basic variable power circuit은 다음과 같다. 가변 output voltage용 regulator는 각각 한 개의 input과 output이 존재하는데 제어 pin은 두개를 가지고 있다. Enable pin과 control pin이 그것인데 Enable pin은 regulator를 power on 시키는 용도로 사용하고 control pin은 output voltage을 결정하는데 이용된다. 즉 control단에 입력된 variable voltage을 이용하여 output voltage가 조절된다.

가변 output voltage용 regulator 내부의 동작원리는 다음과 같다. Control pin에 인가된 전압에 따라 Vout이 결정된다. 즉 $V_{out} = 3 \times V_{cont}$ 이 적용되어 output voltage가 생성된다. Vcont의 전압생성을 위해 source 전원으로 CC2420에서 생성되는 fixed voltage을 source로 한 전압 divider회로를 이용하였다.

4. 결론 및 향후 과제

센서 네트워크 기술이 사회전반에 걸쳐 다양하게 이용되어짐으로써 유한한 battery수명이 큰 문제로 대두되지

않을 수 없다. 저전력센서 및 유연한 센서 노드들의 관리가 필수적인 기술로 떠오르게 되었음을 알 수 있다. 이를 위해 본 논문에서 제안한 variable voltage circuit은 원하는 state의 voltage을 가변 함으로써 보다 나은 power saving을 할 수가 있다.

Circuit의 특성상 에너지 효율적이고 circuit구성이 쉬우며 가격을 저렴하게 만들 수 있다는 점이 있다. 향후 본 논문에서 제안하고 제작한 board을 보다 구체적으로 구현 및 성능 평가를 하여 power efficiency sensor node에 대한 검증이 필요하다.

5. 참조 문헌

- [1] Estrin, D. et al., Next century challenges: scalable coordination in sensor networks, in Proc. MOBICOM, 262, 1999.
- [2] V. Gutnik and A.P.chandrakasan, "An embedded power supply for low-power DSP," IEEE Trans VLSI Syst, Dec. 1997, 425-435
- [3] L.Benini and G.D. Micheli, "Dynamic Power Management," Design Techniques and CAD Tools, Norwell, MA, Kluwer, 1997.
- [4] Ralph M. Kling, "Intel Mote: An Enhanced Sensor Network Node," Intel Workshop on Advanced Sensors, Structural Health Monitoring, and Smart Structures, Nov. 2003.
- [5] "Radar: An in-buling Rf-based User Location and tracking System." IEEE INFOCOM, 2000.
- [6] Moteiv Announces Tmote Invent Low Cost Sensing System, <http://www.moteiv.com>.
- [7] I.Akyildiz, W.Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "A survey on sensor networks," IEEE Commun. MAG., 40(8), 102-114, August 2002.
- [8] Malik Tubaishat, Sanjay Madria, "Sensor Networks: An overview." IEEE Potentials Apr-May 2003.