

TinyOS 메시지 길이에 따른 에너지 절약 연구

김영성^o 김영환 석정봉
연세대학교

{dolfeen^o, leo0207}@empal.com, jbsuk@dragon.yonsei.ac.kr

A Study of saving Energy by the Message Length on the TinyOS

Youngsung Kim^o, Younghwan Kim, jungbong Suk
Yonsei University

요 약

본 연구는 센서 네트워크용 운영체제인 TinyOS의 메시지 길이를 효율적으로 관리하여 저전 손실을 줄인 센서 네트워크의 연구이다. 센서 네트워크에서 가장 큰 전력 손실을 가져오는 부분은 RF통신 부분이라 할 수 있다. 메시지의 길이에 따라 길이가 길면 더욱더 통신 시간이 길어지므로 전력 손실은 커질 것이다. 이와 같은 도파에 따라 메시지의 길이를 줄여 줌으로써 RF통신에 이용되는 전력을 줄여 보고자 하는 것이다. 사용된 시뮬레이터는 TinyOS에서 자체 제공 되는 TOSSIM을 이용 하였으며 MCU가 데이터를 처리 하는데 소모되는 전력과 RF 통신에 따라 소모되는 전력을 나타내었다. 시뮬레이션을 통해 메시지의 길이가 줄어들면 전력 소모가 줄어드는 것을 확인 할 수 있었다. 더 나아가 거리의 차이에 의한 전력 소모량도 연구 되어야 할 것이다.

1. 서 론

과거 한 대의 컴퓨터를 수십 명의 사람이 제어 하던 시대와는 달리 현대 사회는 한 사람에게 수십 대의 임베디드 기기가 활용되어 서로 데이터를 주고받으며 인간에게 편리함을 제공 하고 있다. Microcontroller Unit(MCU)이 더 작고 더 고성능으로 개발 되고 있기 때문이다. 이러한 시대적인 흐름에 발맞추어 각광 받고 있는 기술 중에 센서 네트워크가 있다. 센서 네트워크 역시 고성능의 MCU와 Radio Frequency(RF)칩이 있어야 가능한 기술이다. 이러한 센서 네트워크 기술은 많은 연구 분야가 있는데 그중에서도 가장 관심의 대상이 되는 부분은 에너지 효율적인 센서 네트워크의 구현일 것이다. 구현해 놓은 센서 네트워크가 얼마나 오랫동안 회수나 교체 없이 작동을 할 것이냐 하는 것이 문제이다. 저전력으로 센서 네트워크를 구현하는 방법은 여러 가지가 있겠지만 본 논문은 메시지의 길이를 효율적으로 사용함으로써 RF통신 시 얻어지는 전력 절약에 초점을 맞춘다. 제안한 방법은 센서 네트워크용 운영체제로 각광 받고 있는 TinyOS의 메시지 길이를 좀 더 짧게 효율적으로 이용하는 방법론이다.

2. 관련 연구

2.1 센서 네트워크

센서 네트워크란 센서를 포함하고 있는 다 수의 노드들이 센싱한 데이터를 서로 주고받으며 데이터를 가공 처리 하는 일련의 작업을 통칭하는 말로 요즘은 센서 네트워크라 함은 무선 또는 유비쿼터스 센서 네트워크를 지칭 하는 말이다.

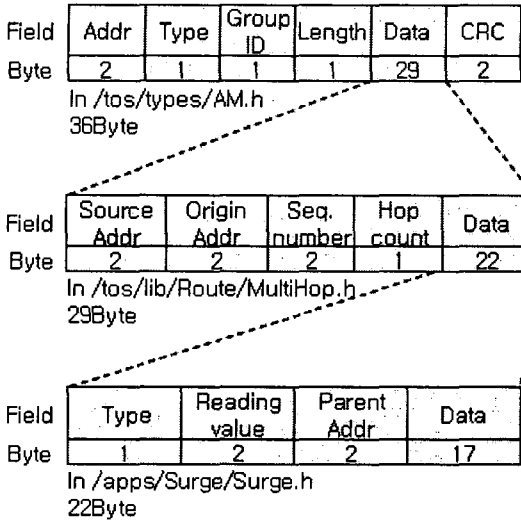
센서 네트워크는 그 활용 분야가 광범위 한데 산물 및 자연재해의 감시 및 방어와 군사용 산업용으로 다양하게 연구 개발 되고 있다.

2.2 TinyOS

현재에는 다양한 임베디드 운영체제가 개발 되어 있다. 그중 센서 네트워크에 사용 되는 운영체제는 몇 가지 조건을 만족 시켜야 한다. 센서 네트워크 노드는 자율적인 센싱과 Ad hoc 네트워크의 망구성을 통한 데이터의 전달을 기본 기능으로 한다. 센싱 필드에는 수많은 센싱 노드가 존재할 수 있으며 각각의 노드는 초저전력, 초소형 그리고 1달러 이하의 가격을 지향하고 있다. 따라서 저전력, 적은 코드 사이즈, 최소한의 하드웨어 리소스를 사용하는 임베디드 운영체제가 필수라 할 수 있다. 현재 이러한 운영체제로 주목받는 운영체제가 TinyOS이다. TinyOS[1]는 UC 버클리에서 진행해온 스마트 더스트(Smart Dust) 프로젝트에 사용하기 위하여 개발된 컴포넌트 기반 임베디드 운영체제이다.

TinyOS는 매우 작은 용량이라는 점이 가장 중요한 장점이다. 핵심 커널은 4000바이트 이하이고 데이터 메모리는 256바이트 이하인 초소형 운영체제이다. TinyOS는 스택의 메모리 영역을 예약해야 하는 스택 기반 멀티 쓰레드 방식의 단점을 대신해서 매우 적은 메모리로 멀티 태스킹을 지원할 수 있는 이벤트 기반 모델을 선택했다. 이러한 이벤트 기반 멀티 태스크 방식은 초당 4만 번의 컨텍스트 스위칭을 지원한다. 이러한 이벤트 기반 멀티 태스크 방식을 사용함으로써 초소형 모드의 중요한 특징인 저전력 소모가 가능하게 되었다. 이 방식은 이벤트의 발생이 없는 시간 동안 CPU를 슬립 모드(sleep mode)로 전환함으로써 효율적인 CPU의 사용을 통해 저전력을 실현할 수 있게 하였다.

2.3 TinyOS 메시지 포맷



[그림 1] TinyOS 메시지 포맷

TinyOS는 [그림 1]과 같은 메시지 포맷을 가지고 있다. 각 필드의 값은 아래 [표 1]과 같다.

[표 1] 각 필드의 의미

Byte#	Field	Description
0-1	Message Addr	3가지 값 중에 하나를 선택 Broadcast Address(0xFFFF) UART Address(0x007E) Node Address
2	Message Type	AMTYPE_XUART = 0x00 AMTYPE_MHOP_DEBUG = 0x03 AMTYPE_SURGE_MSG = 0x11 AMTYPE_XSENSOR = 0x32 AMTYPE_XMULTIHOP = 0x33 AMTYPE_MHOP_MSG = 0xFA
3	Group ID	그룹 아이디를 통해 다른 네트워크에 있는 노드들과 구분이 가능하다. 디폴트로 125(0x7D)를 사용.
4	Data Length	이 필드 뒤로 이어져 나오는 데이터 필드의 길이
5-6	Source Address	다음 노드의 주소
7-8	Origin Address	첫 패킷 발생 노드의 주소
9-10	Sequence Num.	시퀀스 넘버 하나씩 증가
11	Hop count	라우팅으로 넘어온 홉 수
12	Type	Surge 메시지 타입
13-14	Reading	ADC에서 읽어드린 조도 값
15-16	Parent Address	부모 노드의 주소

2.4 제안

본 연구에 이용된 Surge라는 어플리케이션은 각 센서에서 수집된 조도 값을 멀티 홉으로 연결된 부모 노드에 전달하여 최종적으로는 UART를 통해 게이트웨이에 전달하는 구조이다. 이때 들어오는 바이트 수는 [표 1]에서처럼 헤더만 총 17바이트가 된다. 이 총 17 바이트의 헤더 부분을 조금이나마 줄여 보고자 하는 것이 본 연구의 목적이다.

방법은 네트워크 그룹을 구분 하는 3번째 필드인 Group ID와 주소 필드 2바이트를 혼합 하여 하나의 주소 체계를 만드는 것이다. 즉 Group ID(1Byte)와 주소 필드의 반인 1Byte를 합쳐 하나의 2Byte 주소 체계를 만드는 것이다.

[표 2] Group ID와 Address의 1Byte의 조합 Address

Group ID (0x21)	Addr(0x7E)	0x7E21
	Source Addr(0x45)	0x4521
	Origin Addr(0x23)	0x2321

[표 2]의 필드 구조를 이용하면 주소 체계를 2바이트로 유지하면서 헤더 바이트 중 3바이트 가량을 줄일 수 있게 된다. 센서 네트워크에서 3바이트의 가량의 절약은 RF통신 시 사용되는 전력의 양을 줄여 줄 수 있다는 의미가 있다.

전지는 완전히 충전된 에너지량(fully charged energy capacity)과 순간 전력 공급량(instantaneous power delivery capacity)은 상호 연관 관계가 있다. 순간 전력 공급에 대한 요구가 제한될 때만 완전충전 에너지 용량이 가능해진다. 이런 제약으로 긴 전지 수명을 얻기 위해서는 에너지를 연속적으로 아주 조금씩 혹은 낮은 듀티 사이클에서 소량으로 사용하여야 한다. 실제로는 무선 회로의 전력 소비로 인하여 연속적으로 동작해야 하는 상황에서는 원하는 전지 수명을 얻기가 현실적으로 불가능하다. 그러므로 보통 센서 네트워크는 낮은 듀티 사이클에서 동작하도록 설계가 되어 있다. 어떤 디바이스는 전체 시간의 99% 이상 송수신기가 비활성화된 상태에서 낮은 듀티 사이클로 동작하기도 한다.

하지만 이와 같은 듀티 사이클은 이상적인 듀티 사이클로 실제 구현 시에는 더 많은 송수신시간이 할애되게 된다. 보통 RF통신을 하기 위한 전력을 주전력, 최소한 유지되어야 하는 타이머 등에 사용되는 전력을 예비 전력이란 한다. 이중 예비 전력이 10μW 라고 했을 때 주전력은 10mW가 된다. 이것은 센서 네트워크가 RF 통신에 가장 많은 에너지를 소모한다는 의미가 될 것이다. 따라서 이러한 RF 통신에서 전송할 메시지의 바이트 3~4년이라는 주기를 놓고 봤을 때는 많은 이득이 있다.

매 통신 시 10%의 에너지 절약이 있다면 이것은 전지 수명이 3~4년이라 보았을 때 총 수명을 10% 이상 늘일 수 있다는 의미가 된다. 3~4년의 10%로 함은 적어도 3개월 이상을 연장 할 수 있다는 것이다.

3. 실험 및 결과

실험 환경은 TinyOS에서 제공되는 TOSSIM[2]이라는 시뮬레이터를 이용한다. TinyOS는 nesC를 이용하여 작성한 소스코드를 컴파일 시 필요한 운영체제의 소스 코드를 삽입하여 하나의 이미지 파일 또는 실행 파일로 만들어 준다. 이미지 파일로 생성할 때는 플랫폼에 맞게 이미지를 생성하여 주는데 시뮬레이션을 위한 파일 생성 방법이 함께 제공 된다.

컴파일을 통해 생성된 main.exe 파일을 이용해 노드 수 및 시뮬레이션 시간 등을 설정 하여 가상 시나리오를 작성 할 수 있으며 이를 통해 Power 값을 측정 할 수 있다. 측정된 Power 값은 하버드 대학에서 연구된 PowerTOSSIM 스크립트를 통해 노드별로 정리된 데이터 산출이 가능하다.

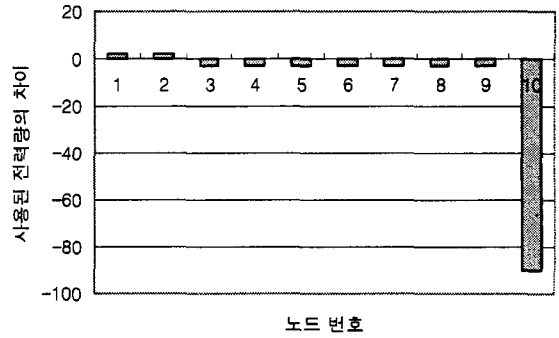
[표 3]은 10개의 센서노드가 서로 간에 데이터를 주고 받으며 발생시킨 전력 소모의 량이다. MCU가 데이터를 처리할 때 들어간 전력의 소모량과 RF 통신 시 전력의 소모량을 합한 소모량이다.

[표 3] 10개의 노드에서 사용된 총 전력량

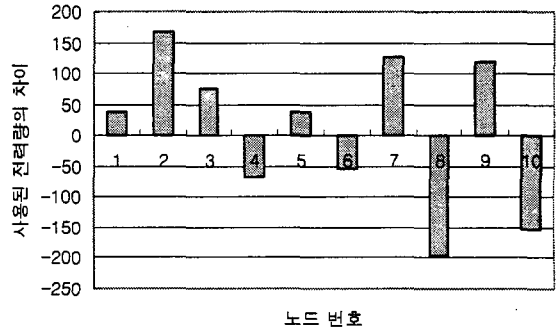
노드	수정 전(17B)	수정 후(14B)	차이	퍼센트 환산
0	1888.153275	1848.793883	39.359392	2.08 %
1	1996.796949	1826.32202	170.474929	8.54 %
2	1936.433243	1862.731006	73.702237	3.81 %
3	1829.145704	1897.807801	-68.662097	-3.75 %
4	1931.987673	1897.732874	34.254799	1.77 %
5	1919.534959	1974.96303	-55.428071	-2.89 %
6	1936.111339	1811.762062	124.349277	6.42 %
7	1790.501676	1990.298261	-199.796585	-11.16 %
8	1983.093367	1866.349127	116.74424	5.89 %
9	1747.99473	1990.526562	-242.531832	-13.87 %

메시지 길이를 줄였을 경우와 그렇지 않은 경우의 차이를 보면 메시지를 줄였을 때 전력 소모량이 줄어들어 그 차이가 양수로 나오는 것을 볼 수 있다. 중간 중간 발생하는 음수는 전력소모를 MCU별 RF별로 구별 하면 줄어들게 된다. RF 통신 시 사용되는 전력량은 확실히 줄어든다는 의미이다.

[그림 2]와 [그림 3]은 각각 MCU 처리 시 사용된 전력 소모량과 RF 통신 시 사용된 전력 소모량의 차이를 나타낸 그래프이다. [그림 3]을 보면 메시지의 길이를 3 바이트 줄일 시 노드별로 전력이 절감 된 것을 확인할 수 있다. 위의 데이터는 약 10시간을 시뮬레이션 한 결과이며 더 많은 시간을 시뮬레이션 한다면 전력 소모가 더욱더 줄어들 것으로 판단된다. 또한 사용된 시뮬레이터가 Ad hoc 통신을 하는 상태에서 노드간 거리가 멀어 진다면 이 차이는 더욱 커질 것이다. TOSSIM의 경우 노드간의 거리를 표현하는 특별한 파라미터가 존재 하지 않아 거리상의 데이터는 표현되지 않았다. 따라서 추후에는 거리 파라미터를 추가한 시뮬레이션이 이루어져야 더욱더 정확한 데이터를 산출 할 수 있을 것이다.



[그림 2] MCU 처리 시 사용된 전력 소모량 차이



[그림 3] RF 통신 시 사용된 전력 소모량 차이

4. 결론 및 향후 과제

위의 결과에서처럼 메시지의 길이는 통신 시 전력 소모에 많은 영향을 미친다. 따라서 메시지를 효율적으로 관리하여 줄여줄 경우 많은 전력 이득을 얻을 수 있고 이것은 센서 노드의 수명을 늘려주며 비용을 절감 할 수 있는 결과를 불러온다. 그러나 이것은 더욱더 많은 연구가 필요하다. 직접 노드에 내려지는 TinyOS 메시지 구조를 변경하는 것은 쉬운 작업이 아니며 그러한 어려움을 감수 하면서 메시지를 줄여야 하는 것은 좀 더 연구 되어야 하기 때문이다. 수정에 들어가는 비용이 줄어드는 에너지 량 보다 크다면 이러한 연구는 무용지물이 되기 때문이다. 따라서 향후 과제는 이러한 부분과 노드간의 거리에 따른 전력량 변화에 관한 연구가 필요하다.

5. 참고 문헌

[1] David Culler, Deborah Estrin, Mani Srivastava "Overview of Sensor Networks", In IEEE Computer Society, vol:37, no:8, pp:41-49, 9 pages, August 2004.
 [2] www.eecs.harvard.edu/~shnayder/ptossim/
 [3] www.tinyos.net