

ELS: 유비쿼터스 센서 네트워크를 위한 GPS 기반의 효율적인 위치인지 기법

논문
59-1-34

ELS: An Efficient Localization Scheme based on GPS for Ubiquitous Sensor Network

윤재근* · 고두현** · 김범진** · 안순신†
(Jae Keun Yun · Du Hyun Ko · Bum Jin Kim · Sun Shin Ahn)

Abstract - The problem of location awareness in wireless sensor networks where nodes use GPS (Global Positioning System), remains challenging problem, when considering the required large energy consumption during the localization phase. In this paper we designed hardware for GPS based localization and propose a framework, called ELS, to consume low cost energy. In the ELS framework, sensor nodes are equipped with GPS. Because GPS spends large energy for position awareness, conventional localization algorithms cannot use GPS-device. We try to find a solution for efficient energy expenditure of GPS. Finally, we derive optimal transmission power of GPS data and a scheme of localization through experiment and simulation.

Key Words : Turtle-node, USN, GPS, NMEA, IEEE 802.15.4

1. 서론

무선 센서 네트워크에서 위치인지는 환경감시, 차량추적 등의 센서노드의 위치에 의존하는 시스템에서 중요하며 또한 위치 기반의 라우팅 알고리즘 프로토콜 [5, 6, 7] 에서 경로 설정에 있어 위치정보를 이용하여 불필요한 경로를 제거하고 라우팅 테이블의 크기를 줄일 수 있다. 이를 통해 데이터 간의 충돌 및 중복 전송을 피하고 최적의 경로를 통해 이동함으로써 데이터 지연을 줄일 뿐 아니라 처리량을 향상시킬 수 있으며 아울러 에너지를 효율적으로 사용함으로써 전체 센서네트워크의 라이프 타임을 증가시킬 수 있다. 이러한 이유로 위치인지는 센서네트워크에서 현재까지도 핫이슈로 떠오르고 있으며 수많은 관련분야 학자들에 의해 연구되고 있다.

2. 하드웨어 디자인 및 특성

GPS의 편의성으로 인해 ELS에서는 복잡한 수학적 알고리즘을 요구하지 않는다. 그러나 GPS 데이터를 얻기 위해, 새로운 노드를 설계해야 했다. 여기서 이것을 Turtle 이라고 명하기로 한다. Turtle은 센서노드 간 통신을 위해 MICAz 플랫폼 [15] 을 모델로 한 우리가 자체 제작한 일반 센서노드 (KUTM) 에 GPS 를 장착한 것이다. Turtle의 센서노드 부분은 ATMEGA128L [13] 와 2.4GHz 대역의

CC2420-RF transceiver [14] 로 구성되어 있다. 그림 1, 2 를 참조하면 Turtle Node의 외관과 동작형태를 모식도로 나타낸 것이다.

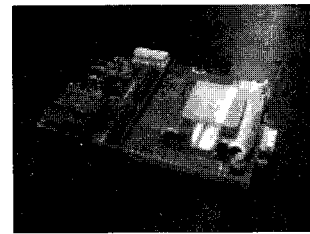


그림 1 Turtlenode
Fig. 1 Turtle Node

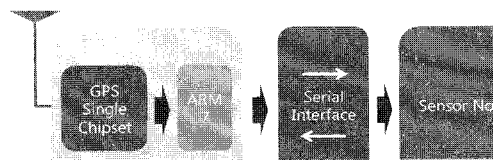


그림 2 Turtle노드의 구조
Fig. 2 Structure of Turtle Node

2.1 GPS 모듈의 특성

우리의 GPS 모듈은 센서노드와 인터페이스에 적합한 20개의 채널과 2개의 UART TTL 레벨 (serial bus interface) 을 가진 SiRF StarIII [16] single chipset 을 사용했다. SiRF StarIII 는 3.3V 의 동작전압을 가질 뿐만 아니라 67mA 이하의 전력소모를 하기 때문에 센서노드와 연결하는데 매우 이상적이었다. PCB 사이즈 또한 12x12x0.8t (Unit: mm) 으로 안테나의 크기가 더 작아질 수 있다면 앞

* 준회원 : 고려대 공대 전자전기공학과 석사과정

** 비회원 : 고려대 공대 전자전기공학과 박사과정

† 교신저자, 정회원 : 고려대 전자전기공학과 교수

E-mail : sunshin@dsys.korea.ac.kr

접수일자 : 2009년 11월 30일

최종완료 : 2009년 12월 24일

서 서론에서 언급한 GPS 사용 시 센서노드의 크기 증가의 문제에 대한 방안이 될 수 있다.

SiRF StarIII 성능은 다음과 같다.

- 위치인자 정확도: 10m 이내
- 측정 가능 최대 고도: 18,000m
- 측정 가능 최대 속도: 515m/s
- 측정 가능 최대 가속도: 4g

RF 입력 임피던스는 그림 3에 나타나 있다.

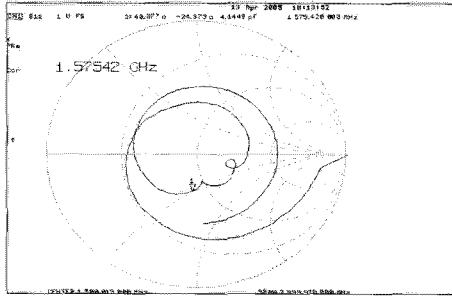


그림 3 RF 입력 임피던스
Fig. 3 RF Input impedance

2.2 데이터 구조와 출력

GPS는 NMEA (The National Marine Electronics Association) 프로토콜을 사용한다 [17]. NMEA standard 는 해양통신을 위한 전기적 인터페이스와 데이터 프로토콜을 정의해 놓았다. 데이터 프로토콜은 시간, 위도, 경도, 고도 등의 몇 가지의 정보를 포함하고 있는데 특히 위도, 경도, 고도와 같은 정보는 위치추정에 있어 매우 중요한 데이터이다. 그림 4는 Turtle 노드로부터 수신한 데이터를 출력한 것이다.

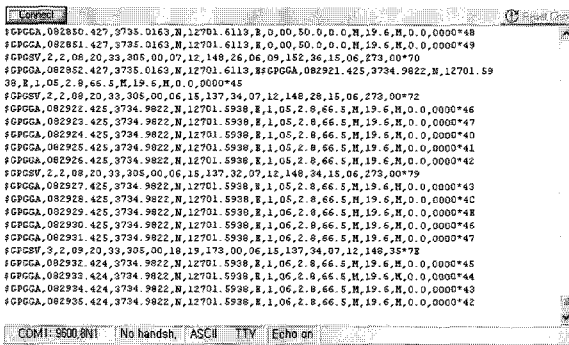


그림 4 Turtle로부터 출력된 GPS 데이터
Fig. 4 GPS data output form Turtle

3. 위치인자 접근 방법

3.1 가정

ELS 를 적용시키기 위해선 몇 가지 가정을 두어야 한다. 첫째, 위치인자가 반드시 필요한 특정 옥외지역이 (outdoor) 존재하고, Turtle노드는 이러한 지역을 모두 덮을

수 있도록 충분한 수량으로 분산되어 있다. 특정 옥외지역의 예를 들면 광대한 초원, 산간 지역, 홍수 우범 지역 등의 환경감시 및 센싱이 필요한 비교적 넓은 범위의 지역이 될 수 있다.

둘째, Turtle노드는 등방성 (omni-directional) 안테나를 사용한다. Turtle노드의 10m 이하의 위치인자 정확도를 감안하여 위치정보를 얻기 때문에 일정 전과거리 내의 모든 센서노드들은 같은 위치에 존재한다고 보고 있다. 하지만 방향 지향성 안테나를 사용하여 그림 5와 같은 상황이 연출된다면 모든 센서노드들은 Turtle 노드 A 에 가까이 위치하고 있지만 실제로는 Turtle 노드 B 로부터 위치정보를 받게 되어 B 노드의 위치에 있다는 잘못된 판단을 하게 된다. 따라서 일정한 반경 내의 센서노드들이 같은 정보를 받게 하기 위해 등방성 안테나가 사용되었다고 가정한다.

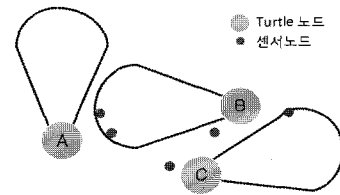


그림 5 방향성 안테나를 사용했을 경우의 위치인자의 문제점
Fig. 5 localization problems in case of using directional antenna

셋째, Turtle노드의 라디오 listen 시간을 최소화하기 위해 IEEE 802.15.4 [2] 에 명시되어 있는 SCAN 모드를 사용한다. 일정한 주기를 설정하고 주기마다 SCAN 을 함으로써 센서노드가 현재 Turtle 노드의 전송범위 내에 있는지 유무를 감시하여 그 시점에만 통신을 하여 라디오가 listen 하는 동안의 소모하는 에너지를 줄이기 위한 설정이다. 만약, listen 하는데 소모하는 에너지를 줄일 수 있는 더 좋은 방법이 존재한다면, 선택적으로 그러한 방법을 적용해도 무관하다.

3.2 ELS의 전반적 접근 방법

많은 이들이 “배터리로 동작하는 센서 네트워크에 있어 GPS 를 사용하여 위치정보를 전송한다면 소모되는 에너지는 어떻게 할 것인가?” 라는 질문을 던지고 있다. 이 같은 질문은 옥외 위치인자에 있어 GPS 사용을 고려하지 않았던 주된 이유 중 하나였다. 따라서 모든 GPS 를 장착한 노드들은 에너지 소모를 극소화 시키는 것이 요구된다. 다음은 우리의 에너지 소모를 줄이기 위한 방법을 제안하고 있다.

우리의 위치인자 방법은 (ELS)특정 지역에 (위치인자가 필요한 지역) Turtle노드를 분산시키는 것에서 시작된다. 분산된 Turtle 노드는 자체적으로 전기적 신호를 통해 GPS 모듈 ON/OFF 를 할 수 있도록 KUTM-GPS 모듈 간에 릴레이 스위치가 장착되어 있어 전원이 켜지는 순간 즉시 GPS 모듈을 작동 시키게 되는데 일정시간 동안 위성으로부터 위치정보를 수신하고 다시 GPS 모듈을 OFF 시킨다. 주된 에너지 소모는 GPS 모듈로부터 일어나는데 이렇게 함으

로써 극적인 에너지 보존이 이뤄진다. 데이터를 수신하게 되면 Turtle 노드는 자신의 버퍼에 위치정보가 저장되어 있는지 확인하고 없다면 버퍼에 저장을 시키고 저장되어 있으면 GPS 데이터 포맷에 있는 시간과 비교하여 갱신시킨다. ELS는 IEEE 802.15.4 에서 명시한 SCAN 모드로 동작하며 센서노드의 에너지를 감지하게 되면 ASSOCIATION 과정을 거치게 되는데 이때 센서 또는 디바이스 노드는 비콘 (beacon) 을 요청하게 되고 Turtle 노드는 버퍼에 이미 저장된 위치정보를 비콘 페이로드 (beacon payload) 에 실어 송신하게 된다. 이러한 과정은 IEEE 802.15.4 의 ASSOCIATION 과정 시 단 한번 수행할 수 있도록 설정이 가능한데 이와 같은 설정을 함으로써 중복된 전송을 피할 뿐 아니라 데이터 전송 시 소모되는 에너지를 절감 할 수 있다. 그림 6은 위와 같은 과정을 묘사하고 있다. 이러한 데이터 송수신 과정은 앞선 질문에 대한 해답이 될 수 있는 방안 중 하나가 될 것이다.

4. 최적의 에너지 보존 모델

이번 섹션에서는 위치인지를 위한 Turtle 노드의 최적의 에너지 소모를 분석한다. 분석은 각 Turtle 노드들이 GPS 정보를 전송하는데 있어 싱글 홉 (single-hop) 네트워크 모델을 기반으로 하고 있다. 다소 인위적이지만, 그림 7의 통신환경을 잘 표현하고 있다. 이 모델을 근거로 우리는 일반적인 Turtle 노드 배치로부터 최적의 에너지 보존을 위한 동작 파라미터를 설정하고 시뮬레이션을 통해 최대의 성능을 발휘할 수 있는 (최적의 에너지 소모를 할 수 있는) 값을 얻을 수 있었다.

4.1 수학적 모델과 메트릭

네트워크가 그림 7(a)와 같이 구성되었을 때, 모든 Turtle 노드들은 SCAN 상태로 존재한다. 각 Turtle 노드들이 센서 노드를 찾는 즉시, GPS 데이터를 비콘에 실어 송신한다. 우리의 분석은 GPS 와 라디오로부터 소모되는 에너지에 초점을 맞추고 있으며, 우리는 MCU 및 센서와 같은 다른 컴포넌트에서 소모되는 에너지는 고려하지 않는다. Turtle에서 소모하는 에너지 파트는 다음과 같이 크게 세 가지로 나뉘어 진다: 1) 송신 상태, 2) 수신 상태, 3) GPS 로부터 정보를 수집하는 상태; 이 때 필요한 파워를 각각 P_{tx}, P_{rx}, P_{GPS} 라고 놓기로 한다. GPS 로부터 데이터를 얻는데 필요한 시간을 t_{GPS} 라고 한다. 앞서 언급한 세 번째 가정으로 부터 SCAN 모드에서의 소모되는 에너지는 무시하기로 한다. 표 1 는 우리의 디자인에 사용된 심볼들을 정리해 놓은 것이다.

여기서 명시된 심볼 및 값은 radio transceiver 로 사용되는 MICA2 의 radio transceiver (chipcon CC1000 [18]) 과 MICAz 의 radio transceiver (chipcon CC2420 [19]) 데이터 시트와 SiRFIII 의 specification 에 의거하여 정리한 것이다. 예상된 Turtle 노드의 에너지 소모는 각 상태에서 추정된 에너지 소모의 합과 같다.

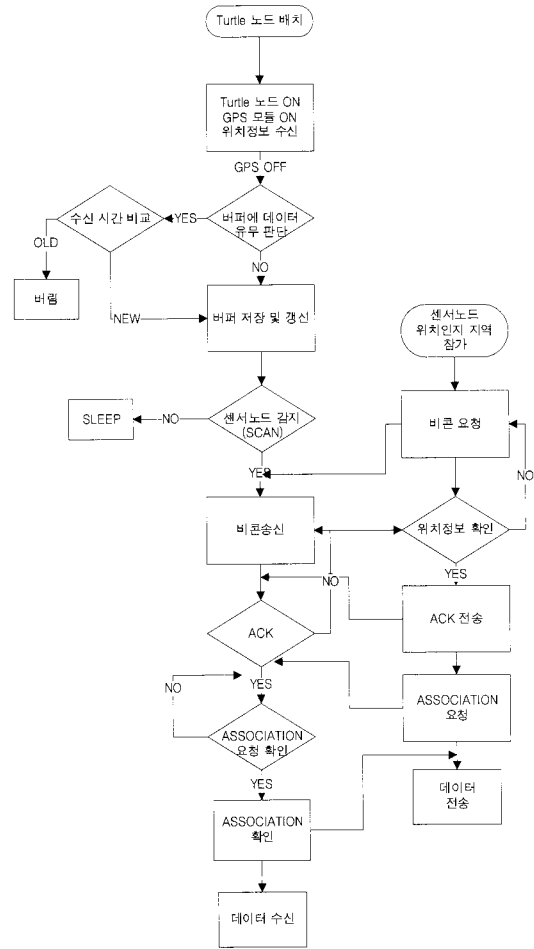
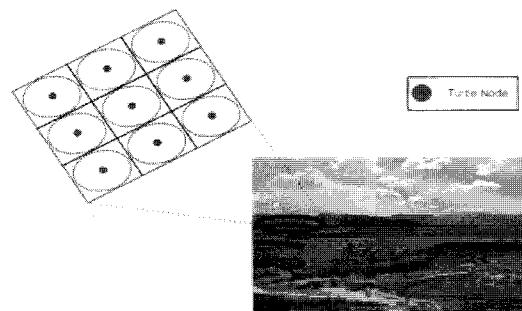


그림 6 IEEE 802.15.4 [2]의 Turtle 노드-센서노드 간 ASSOCIATION 과정을 설명한 순서도

Fig. 6 Flowchart that explains ASSOCIATION process in between turtle node and sensor node of IEEE 802.15.4 [2]

$$E = E_{tx} + E_{GPS} + E_{rx} = (P_{range} + P_{tx})t_x + P_{GPS}t_{GPS} + P_{rx}t_{rx} \tag{1}$$

이어지는 부분에서는 Turtle 노드를 그림 7(a)와 같이 배치하고자 할 때 전송파위에 따른 필요한 노드 수와 총 소모 에너지를 구하고 GPS 의 resolution 을 고려하여 최적의 전송파위를 도출한다.



(a)

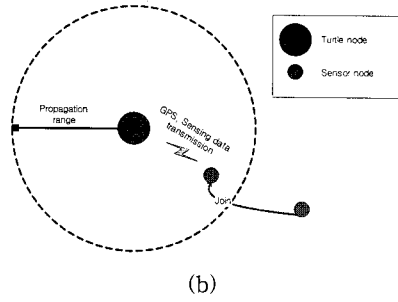


그림 7 위치인지 기본 아이디어: (a) Turtle노드의 배치도 (b) Turtle노드와 센서노드의 통신을 보여주는 예
 Fig. 7 The localization basic idea: (a) chart of Turtle node (b) Example of Turtle node and Sensor node communication

4.2 최적의 GPS 데이터 전송 범위

데이터 전송에 있어 최소의 에너지 소모를 위해, GPS 패킷 전송 범위를 설정해야 한다. 전송거리는 radio transceiver 의 전송파위에 따라 결정되고, 위치의 정확도는 전송범위가 증가함에 따라 감소할 것이다. 그러나 전송 범위가 증대되면 배치되는 Turtle 노드의수가적어질것이기때문에이러한상관관계를명확히하여최소의에너지로위치인지를할수있는방안을세워야한다. 기대된 전송 시 노드의 전송파위는 다음과 같다.

$$P_{range} = I_{range} \times 1.8V \tag{2}$$

여기서, I_{range} 는 각각의 CC2420 이 장착된 노드의 데이터 전송 시 필요한 전류이며 (표 1 참조) 1.8V 는 동작전압이 되며 데이터시트 [13] 에 명시되어 있다. 우리의 GPS 모듈은 (SiRFIII) 10m 이하의 resolution 을 가지고 있다. 그러므로 우리는 그 이상의 출력전력을 고려하지 않기로 했다. 전송 에너지를 추정하기 위해 전송시간을 얻어야만 한다. 전송시간은 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$t_{tx} = L_{data} \times t_B \tag{3}$$

여기서, t_B 는 1 바이트를 송수신하는데 걸리는 시간이며, L_{data} 는 바이트 단위의 데이터의 길이이다. 다음은 GPS 모듈이 위성으로부터 데이터를 받는 시간을 바탕으로 Turtle 노드가 소모하는 에너지를 구해야 한다. 기대된 GPS 정보를 얻는데 최소의 에너지는

$$E_{GPS} = P_{GPS} \times t_{GPS} \tag{4}$$

와 같으며, 여기서 P_{GPS} 와 t_{GPS} 는 SiRFIII 의 문서에 명시되어 있으며 그 값은 표 1에 정리해 놓았다. 다음은 Turtle 노드가 이미 GPS 데이터를 수집했다고 가정하고, 그 데이터를 센서 노드에게 전송하는데 소모하는 에너지를 추정한 것을 나타낸 것이다.

$$E_{tx} = (P_{range} + P_{tx})L_{data}t_B \tag{5}$$

위치인지가 필요한 단위 면적이 X (수평 축) $\times Y$ (수직 축) 단위 (m2)라고 가정하면, 기대되는 단위 면적 당 배치되어야 할 총 노드 수는

$$\begin{cases} n_X = X/2d_{range}. \\ n_Y = Y/2d_{range}. \end{cases} \tag{6}$$

$$N = n_X n_Y$$

와 같다. d_{range} 는 전송하는데 필요한 출력전력에 따른 전송거리이며 표 2에 정리해 놓았다. n_X 와 n_Y 는 0 보다 큰 양수가 될 것이며, 만약 X, Y 를 $2d_{range}$ 로 나누었을 때 나머지가 있다면 n_X 와 n_Y 에 각각 1 을 추가한다. 그 이유는 첫 번째 가정으로부터 Turtle 노드는 측정지역을 모두 커버해야 한다는 전제조건 때문이다. 단위면적에 존재하는 모든 노드들은 GPS 데이터를 얻고 그 데이터를 센서노드에게 전송할 것이다. 그러므로 모든 Turtle 노드들이 각각 단한번씩 GPS 데이터를 전송한다고 보면 소모되는 총 에너지는

$$\begin{aligned} E_T &= N(E_{tx} + E_{GPS}) \\ &= n_X n_Y ((P_{range} + P_{tx})L_{data}t_B + P_{GPS}t_{GPS}) \end{aligned} \tag{7}$$

와 같이 된다. 그 결과, 최적의 범위는 최소의 ET 가 될 것이며 최소의 ET 는 섹션 5 에서 언급하고 있다.

5. 시뮬레이션 결과

이 섹션에서는 섹션 2 에서 언급한 우리의 Turtle 노드의 파라미터와 실험적 측정치를 토대로 최적의 보존 모델에서 제시한 디자인을 시뮬레이션을 통해 결과를 도출한다. 우리는 CC2420 을 탑재한 MICAz 를 모델로 Turtle 노드를 제작했기 때문에 RF (Radio Frequency) 출력파워 당 에너지 소모량과 데이터 전송거리를 측정했다. 그 결과는 앞서 제시한 표 2에 잘 나타나 있으며 그림 8은 RF 출력 파워에 따른 Turtle 노드의 에너지 소모량을 보여주는 그래프이며 그 결과는 식 (5) 와 동일함을 알 수 있다.

그림 8에 표현되어 있는 Adj data of 40 byte 에 대한 그래프는 NMEA GGA 데이터 포맷의 약 80 바이트의 데이터 중 우리의 위치인지에 있어 필요치 않은 부분을 빼어난 데이터의 길이이다. 앞서 언급한 식 (3) 에 의거해 데이터의 길이가 길어지면 전송시간도 길어지며 다시 말해 전송 시 에너지 소모량이 높아지는 것은 명백한 사실이다. 결국, 데이터가 길어질수록 송수신 간에 패킷 손실도 심해질 것이며 이것은 재전송에 의한 에너지 낭비로 이어진다. 따라서 우리는 위치인지에 사용되지 않는 패킷을 선택적으로 잘라내 필요한 데이터만 전송하였고 그 결과 상당한 에너지 절약 효과를 볼 수 있음을 그림 8로부터 알 수 있다. 데이터 구조 및 길이는 그림 9와 같다.

다음은 식 (6) 에 근거하여 단위면적을 100x100 이라 놓고 각 출력파워에 따른 총 배치해야 할 노드의 개수를 살펴본 결과 그림 10과 같은 결과를 얻었다. 또한 노드 수량에 (N) 따른 소모된 총 에너지는 (ET) 그림 11과 같음을 볼 수 있다. 여기서 우리는 전송거리가 더 커질수록 에너지를

표 1 RF 전송 에너지 분석에 사용된 심볼과 각각의 정의된 표준 값 [16, 18, 19]

Table 1 Symbol of RF transmission power analyze and definition of each value [16, 18, 19]

Symbol	Meaning	CC1000	CC2420	USGPS3-300S
P_{tx}	Power in transmitting	31.2mW	52.2mW	-
P_{rx}	Power in receiving	22.2mW	56.4mW	-
P_{GPS}	Power in getting GPS	-	-	221.1mW
P_{range}	Power consumption per range	-	Current consumption×1.8V	-
t_{GPS}	Time to get GPS data	-	-	38s
t_B	Time to Tx/Rx a byte	416us	32us	-
d_{range}	Range in GPS data transmitting	Varying	Varying	-
L_{data}	Data packet length	-	-	80byte

표 2 출력전력 선택에 따른 전송 거리와 표준 전류 소모량

Table 2 Transmission distance and standard current consumption changing by selection of Output power

Output Power (dBm)	TXCTRL Register	Consumption Current [mA]	Transmissn Distance (m)
0	0xA0FF	17.4	Up to 30m
-1	0xA0FB	16.5	30
-3	0xA0F7	15.2	21
-5	0xA0F3	13.9	14
-7	0xA0EF	12.5	10.3
-10	0xA0EB	11.2	6.3
-15	0xA0E7	9.9	1.5
-25	0xA0E3	8.5	0.8

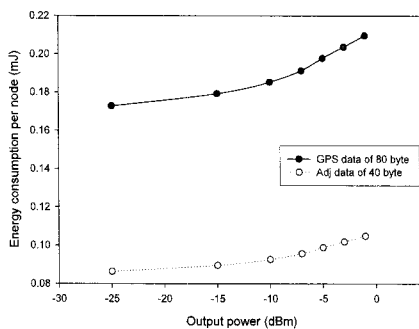


그림 8 RF 출력전력에 따른 노드 당 에너지 소모량

Fig. 8 Energy consumption of RF output power per each node

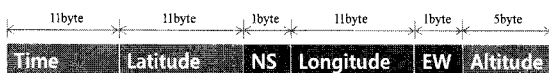


그림 9 조정된 위치정보 (Adj data of 40 byte)의 데이터 구조와 길이

Fig. 9 Data structure and length of changed localization information

절약 할 수 있음을 알 수 있다 (거리에 관한 파라미터가 에너지 소모에 가장 영향을 줌). 하지만 정확도 측면에서는 GPS resolution 이 10m 이하이므로 10m 이상의 RF 전송은

무의미 하다. 결국 RF 전송 전력은 10m 거리로 전송 할 수 있도록 설정해 주는 것이 에너지 절약 측면에서 가장 효율적임을 알 수 있다.

우리는 ELS 의 에너지 소모 측면에서의 실용성을 증명하기 위해 다른 알고리즘의 (알고리즘 기반, 하드웨어 기반 가운데 이웃노드로부터 위치정보를 얻어 위치추정을 하는) 에너지 소모량과 비교하였다. 주된 위치추정 알고리즘으로 다음의 두 가지 측면의 기본 접근 방식이 존재한다: 1)거리 또는 각도 추정 2) 거리 또는 각도 결합; 두 개의 노드 사이에서 거리를 추정하는 방법 중 가장 자주 응용되는 방법들은 다음과 같다.

- 수신 신호 세기 Received Signal Strength Indicator (RSSI): 수신된 RF 세기를 측정하여 실험적·경험적 스케일링을 통해 상대적인 거리를 추정하는 방법
- 시간 기반 방법 time-of-arrival (ToA) 또는 Time-difference-of-arrival (TDoA): 신호 전파시간을 즉시 거리로 환산하는 방법. 라디오, 음파, 적외선, 초음파 등 각 신호들의 전파 속도를 안다는 가정 하에 사용한다.
- Angle-of-Arrival (AoA): 수신된 신호들의 각도를 추정하고 노드위치를 판단하기 위해 간단한 기하학적인 방법을 사용한다.

이러한 방법의 상세한 설명은 [20] 을 참조하길 바란다. 이러한 알고리즘을 바탕으로 위치인지를 할 경우의 문제는 위치를 추정하기 위해 적어도 2 개 이상의 이웃노드로부터 정보를 받아야 한다는 것이다. 그 예로 AHL0S [11] 은 RF 와 초음파를 이용하여 ToA 알고리즘을 거쳐 거리를 계산하고 코디네이터로부터 N 개의 비콘 메시지를 받아 반복적인 Multilateration 을 하여 위치인지를 하였다. 더불어 절대적 위치정보는 부분적으로 GPS 를 통해 얻는다.

에너지 소모량을 비교하기 위해 알고리즘을 바탕으로 위치인지를 하는 알고리즘들이 보통 일정 섹터 당 3 개 이상의 이웃노드로 부터 정보를 얻어 위치를 추정한다고 가정하였으며, 알고리즘들은 ELS에서 사용된 것과 같은 CC2420 radio transceiver 를 사용한다고 보았다. 순수하게 라디오에서 소모하는 에너지를 비교하기 위해 위치를 추정하는데 필요한 프로세스 시간 및 에너지는 고려하지 않았으며 위치정보 데이터 길이는 같게 하였다. 알고리즘 기반의 위치인지에서 하나의 센서노드가 위치정보를 얻기 위해 소모하는 에너지는 다음과 같다.

$$E_n = n(P_{range} + P_{tx} + P_{rx})t_{tx} \quad (8)$$

여기서 n 은 1 개의 위치를 모르는 블라인드 (blind) 노드들이 위치를 인식할 수 있도록 도와주는 레퍼런스 노드의 갯수를 뜻한다. 이 때 k 개의 블라인드 노드들이 위치인지를 하고자 한다면 각각의 블라인드 노드와 레퍼런스 노드들이 k 번의 데이터 송수신이 필요할 것이며 이것을 정리하면

$$E_{nk} = nk(P_{range} + P_{tx} + P_{rx})t_{tx} \quad (9)$$

와 같다. 같은 방법으로 ELS 에서의 에너지소모량을 계산해보면 다음과 같다.

$$E_{TELS_k} = k(P_{range} + P_{tx} + P_{rx})t_{tx} + E_{GPS} \quad (10)$$

ELS 에서는 하나의 Turtle 노드에게서만 위치정보를 직접 받아 인식하기 때문에 n 인자가 빠져 있음을 볼 수 있다. 그림 12는 이것을 토대로 시뮬레이션을 해본 결과이다.

그림 12를 참조하면 3 개의 레퍼런스 노드로부터 위치인지를 하였을 경우 약 12500 번 이상의 데이터 송수신 하였을 때 에너지 소모량이 더 많아짐을 알 수 있으며, 9V 배터리가 한 시간 동안 방출할 수 있는 전류량이 550mAh 라 보았을 경우 현존하는 위치인지 시스템에 적용하는데 있어서 실용적 가치가 충분히 있다고 판단 할 수 있다.

6. 결 론

이 논문에서 우리는 센서네트워크에 있어 GPS 기반의 옥외 위치인지의 실용성·가능성을 증명하기 위해서 ELS 를 제시 하였다. 그를 위해 위치인지에 있어 GPS 사용 시 가장 치명적인 문제점인 에너지 보존 측면을 개선하기 위해 최적의 하드웨어 및 소프트웨어 구현을 하였다. 하드웨어에 있어서 Turtle 이라고 칭하는 우리가 자체 제작한 모트인 KUTM(Korea Univ Test MOTE) 와 GPS 모듈을 결합한 노드를 제작하였고 위치정보를 제공하는데 있어 최소의 에너지 소모를 위해 IEEE 802.15.4 표준에 의거한 네트워크를 구축하였다. 그 결과 최적의 파라미터들을 찾아 효과적으로 적용하여 이전에 존재하였던 알고리즘들과의 에너지 소모량을 비교함으로써 그 타당성을 증명하였다. 실험 시 사용된 우리의 어플리케이션은 자체 제작된 모트인 Turtle 위에 chipcon 에서 제공한 Chipcon_MAC_2420 Zigbee 스택을 올려 구현하였다.

현재 ELS 는 특정한 위치인지 알고리즘이 적용되지 않은 상태이기 때문에 GPS 자체의 resolution 에 근거한 10m 의 정확성을 가지고 있다. 따라서 ELS 는 위치인지에 있어 정확도 측면을 개선할 수 있는 충분한 가능성을 지니고 있다. 현재 우리는 chipcon 의 CC2431 에 탑재되어 있는 Location_Engine [21] 을 분석함과 동시에 ELS 에 현존하는 옥외 위치인지 알고리즘들을 적용하여 각 성능을 비교 분석하여 그 정확성을 향상시키는 방법을 모색하고 있다.

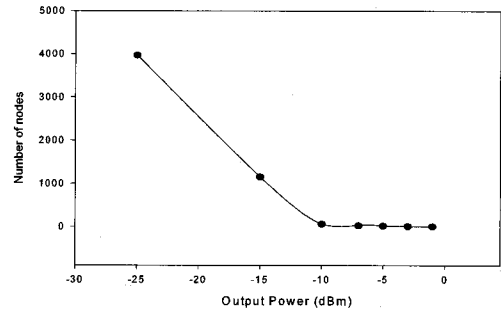


그림 10 RF 출력전력에 따른 노드의 수
Fig. 10 Number of node RF output current

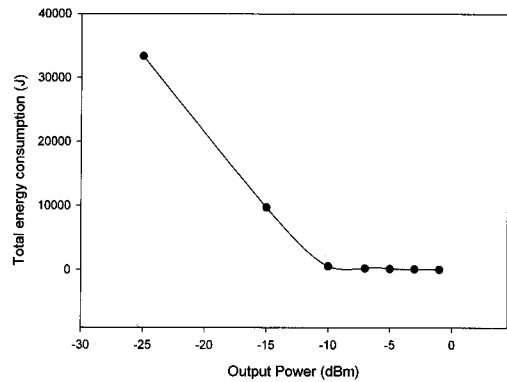


그림 11 RF 출력전력에 따른 단위면적 당 존재하는 노드들의 총 에너지 소모량

Fig. 11 Total energy consumption of the node which exist in local union due to RF output current

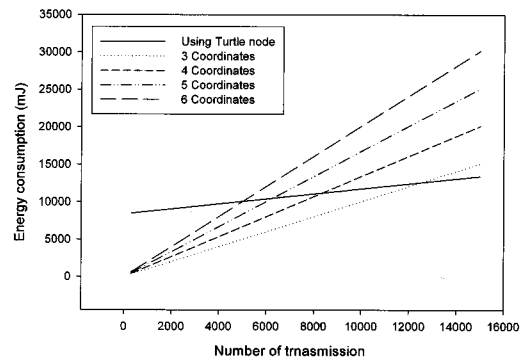


그림 12 k 번 데이터 전송시 n 개의 레퍼런스 노드로부터 위치인지를 하는 알고리즘 기반 방법과 ELS의 에너지 소모량

Fig. 12 Algorithm based method and energy of els which carry out localization process from n unit of reference node, when operating number of k data transmission

감사의 글

본 연구는 2009년도 산업원천기술개발사업의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

[1] B.Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger, and J. Collins, "Global Positioning System: Theory and Practice", Forth Edition, Springer Verlag, 1997.

[2] IEEE std. 802. 15. 4 - 2003: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications for Low Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs).
http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.15.4-2003.pdf

[3] Jean-Philip Montillet, Carlos Pomalaza-Raez, "Wireless Sensor Networks: Nodes Localization Issue"

[4] P.bah, V. Padmanabhan, "RADAR: An In-building RF-based User Location and Tracking System", Proceedings of INFOCOM 2000 Tel Aviv,Israel,March2000,p775-84,vol.2

[5] Brad Karp and H. T. Kung. "Greedy Perimeter Stateless Routing", MobiCom 2000

[6] Young-Bae Ko and Nitin H. Vaidya, "Location-Aided Routing (LAR) in MobileAdHocNetworks", MobiCom 1998

[7] Martin Mauve, Jörg Widmer and Hannes Hartenstein, "A Survey on Position-Based Routing in Mobile Ad-Hoc Networks", IEEE Network Magazin, 2001

[8] R. Want, A. Hopper, V. Falcao, J. Gibbons., "The Active Badge Location System", ACM Transactions on Information Systems, Vol. 40, No. 1, pp. 91-102, January 1992

[9] N. Priyantha, A. Chakraborty and H. Balakrishnan, "The Cricket Location-Support System", Proceedings of International Conference on Mobile Computing and Networking, pp. 32-43, August 6-11, 2000, Boston, MA

[10] A. Harter, A. Hopper, P. Steggle, A. Ward and P. Webster, "The Anatomy of a Context Aware Application", In Proceedings ACM/IEEE MOBICOM(Seattle, WA, Aug 1999)

[11] Andreas Savvides, Chih-Chieh Han and Mani B. Strivastava., "Dynamic Fine-Grained Localization in AdHoc Networks of Sensors", ACM SIGMOBILE 2001, Rome,Italy

[13] Chipcon Inc. "CC2420 data sheet"
http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/cc2420.pdf

[14] ATMEL Inc. "ATMEGA128L data sheet"
http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2467.pdf

[15] Crossbow Inc. "MICAz Product Feature Reference"
http://www.xbow.com/Support/Support_pdf_files/Produ

ct_Feature_Reference_Chart.pdf

[16] GPS StarIII Single Chip Specification
http://www.ubistar.com/

[17] NMEA-0183 Protocol Description
http://www.remember.ro/dl/nmea0183.pdf

[18] Chipcon Inc. "CC1000 data sheet"
http://www.ti.com/.

[19] Chipcon Inc. "CC2420 data sheet"
http://www.ti.com/.

[20] J. Gibson, "The MobileCommunicationsHandbook", IEEEPress1999

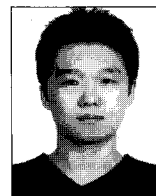
[21] Chipcon Inc. CC2431 Location_Engine "AN_042_CC2431_Location_Engine"
http://www.ti.com/.

저 자 소 개



윤재근 (尹在根)

2008 : BS degree in Information and Communication Engineering, Sungkyul University.
2008~ : MS Candidate, Electronics Engineering, Korea University



고두현 (高斗賢)

2007 : BS degree in Electrical Engineering, Kangnam University.
2009~ : Ph.D course, Electronics Engineering, Korea University.



김범진 (金範振)

2007 : BS degree in Electrical Engineering, Korea University.
2009~ : Ph.D course, Electronics Engineering, Korea University.



안순신 (安淳臣)

1973 : BS degree in, Seoul University.
1975 : MS degree in Electronics Engineering, KAIST University.
1979 : Ph.D degree in Electric and Information, EENSEEIH.T.
1982~ : Professor of Electronics Engineering, Korea University