

저전력을 고려한 IEEE 802.11 기반 위치 추적 시스템

손상현[°], 백종찬^{*}, 백윤주^{**}

IEEE 802.11-based Power-aware Location Tracking System

Sanghyun Son[°], Jongchan Baik^{*}, Yunju Baek^{**}

요약

GPS와 Wi-Fi를 이용한 위치 추적 시스템은 IEEE 802.11 기반으로 하는 다수의 AP들로 구성된 무선 네트워크 인프라가 구축되어 있는 환경에서 추가 비용 없이 이용 가능하여 다양한 응용분야에서 유용하게 활용될 수 있다. 기존의 시스템은 위치 추적용 태그의 단가가 비싼 범용 장치를 사용하였으며 전력소모를 위한 고려가 부족하였다. 본 논문에서는 기존의 GPS와 Wi-Fi를 이용한 저전력을 고려한 위치 추적 시스템을 제안한다. 먼저, 저전력 하드웨어 기반으로 위치 추적에 최적화된 태그를 설계하고 구현한다. 또한 구현한 태그가 저전력으로 동작할 수 있는 핸드오프 기법, 동작 모델을 제안한다. 제안하는 핸드오프 기법은 IEEE 802.11 표준 핸드오프 방식이 채널검색 동작 시 많은 송수신이 발생함에 따라 큰 전력소모가 발생하는 문제를 위치 정보를 활용하여 해결한다. 또한 제안하는 동작 모델은 절전모드와 duty cycle 개념을 사용하여 태그의 전력소모를 최소화하였다. 제안하는 시스템의 성능을 평가하기 위해 실제 환경을 모델링한 시뮬레이션을 수행하고 실제 측정된 태그의 각 동작에 따른 전류소비를 기반으로 전력소모량을 계산한다. 시뮬레이션 결과 제안하는 핸드오프 기법은 표준 핸드오프에 비해 약 59%, 제안하는 동작 모델의 경우 기본 동작 모델에 비해 약 98%의 전력소모를 줄일 수 있었다.

Key Words : 위치 추적 시스템, 저전력, GPS, Wi-Fi, IEEE 802.11

ABSTRACT

Location tracking system through GPS and Wi-Fi is available at no additional cost in an environment of IEEE 802.11-based wireless network. It is useful for many applications in outdoor environment. However, a previous systems used for general device to tag. It is unsuitable for power aware location tracking system because general devices is more expensive and non-optimized for tracking. The hand-off method of IEEE 802.11 standard is not enough considering power consumption. This thesis analyzes the previous location tracking systems and proposes power aware system. First, we designed and implemented tag to optimize location tracking. Next, we propose low-power hand-off method and low-power behavior model in implemented tag. The proposed hand-off method resolve power problem by using the location information and behavior model minimize power consumption of tag through power-saving mode and the concept of duty cycle. To evaluating proposed methods and system performance, we perform simulations and experiments in real environment. And then, we calculate tag's power consumption based on the actual measured current consumption of each

※ 이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음

♦ 주저자 겸 교신저자 : 부산대학교 컴퓨터공학과 임베디드시스템 연구실, hyun0427@pusan.ac.kr, 정희원

* UDP 테크놀러지, sadcy@embed.re.kr, 준회원

** 부산대학교 컴퓨터공학과 임베디드시스템 연구실, yunju°@pusan.ac.kr, 종신회원

논문번호 : KICS2012-04-172, 접수일자 : 2012년 4월 9일, 최종논문접수일자 : 2012년 6월 15일

operation. In a simulation result, the proposed behavior model and hand-off method reduced about 98%, 59% than the standard's hand-off and default behavior model.

I. 서 론

무선 인터넷 기술의 발전과 휴대 단말장치 기술의 급속한 발전에 더불어 위치 기반 서비스(Location Based Services, LBS)가 크게 증가하고 있다. 이에 따라 위치 인식 기술은 이러한 서비스를 제공하기 위한 필수 요소가 되었고 실제로 미아 방지, 화물 추적 등의 많은 응용에서 이러한 위치 측정 기술을 요구하고 있다^{1,2)}.

널리 사용되는 위치 선정 시스템인 GPS(Global Positioning System)는 위성으로부터 무선 신호를 수신하여 위치를 측정하기 때문에 위치 측정을 위한 인프라를 추가적으로 구축할 필요 없이 넓은 지역에서 위치 추적을 할 수 있으므로 물리적/시간적 측면에서 큰 이점을 가지고 있다. 또한 GPS는 지리적인 위치 정보를 제공할 뿐만 아니라 사용자가 원하는 현재 시각, 이동 속도, 방향 등의 주변 정보를 얻을 수 있어 유용하게 활용될 수 있다. 그러나 GPS는 단말에서 위치를 선정하고 위치 정보의 전달을 할 수 없기 때문에 위치 정보의 광범위한 활용을 위한 정보 전달 수단이 필요하다.

전역적인 무선통신이 가능한 CDMA 및 WCDMA 기반의 셀룰러 네트워크를 이용하는 경우 각 통신업체의 정책에 따라 과금되는 형태로 사용에 제한이 있으나 현재 많은 지역에 IEEE 802.11을 기반으로 하는 다수의 AP(Access Point)들로 구성된 무선 네트워크 인프라가 구축되고 있으므로 이를 활용하면 데이터 전달 문제를 해결할 수 있다. 다수 AP들은 암호화를 통하여 허가되지 않은 장치의 접속이 불가능하지만 놀이동산이나 해수욕장 등의 제한된 영역에서 장치의 접속을 허가하는 것으로 연결 및 데이터 전송이 가능하다.

최근 이와 같은 동향에 맞춰 GPS와 Wi-Fi를 이용한 여러 위치추적 시스템이 많이 연구되고 있다³⁾. GPS와 Wi-Fi를 이용한 위치 추적 시스템은 일반적으로 추적 대상에 부착된 전자 태그(Tag)에서 일정 간격으로 GPS의 위치 정보를 수집하고 이 정보를 주변 무선 AP를 통해서 위치 추적 서버로 전송하는 형태로 구성된다. 위치 추적 서버는 전송 받은 정보를 이용하여 추적 대상의 위치를 수집하고 활용한다. 태그는 위치 추적 대상을 지속적으로 추

적하기 위해서 주기적으로 GPS 수신기를 통해 위치 정보를 수집해야하고 이를 위치 추적 서버로 전송할 수 있도록 무선 AP와의 연결 상태를 관리하여 전력소모가 크게 발생하므로 장치의 전력에 대한 고려가 필요하다. GPS와 Wi-Fi 모듈의 경우 상대적으로 전력소비가 큰 장치이기 때문에 저전력 동작을 고려하지 않으면 장시간 휴대하여 대상의 위치를 추적하는 시스템에서는 사용하기 힘든 문제점이 있다. 그러나 현재 연구되고 있는 위치 추적 시스템들은 GPS와 Wi-Fi 기능을 포함한 PDA나 스마트폰 같은 범용 장치를 이용하는 경우가 다수이기 때문에 전원소모량을 고려하지 않은 문제가 있다. 또한 장치의 가격이 고가일 뿐 아니라 다른 전자태그에 비해 상대적으로 크고 무겁기 때문에 다수의 위치를 추적하는 시스템에 적합하지 않다.

따라서, 본 논문에서는 기존의 GPS와 Wi-Fi를 이용한 기존의 위치 추적 시스템에서 가지는 문제점을 분석하고 이를 해결할 수 있는 방법을 제시한다. 기존 연구들에서 사용한 고가의 장비 대신 최소한의 기능만을 가진 위치 추적에 최적화된 태그를 설계하고 구현한다. 이를 토대로 높은 소비 전력 문제를 해결하기 위한 저전력을 고려한 위치 추적 시스템을 제안한다.

II. 기존 연구

2.1. 위치 추적 시스템

위치 추적 시스템은 추적하고자 하는 대상에 특정 장치를 부착하여 대상의 위치를 추적하고 이 정보를 사용자에게 제공하는 시스템이나 서비스를 의미한다. 본 논문에서는 무선 네트워크 인프라가 구축되어 있는 공간 내에서 GPS와 Wi-Fi 장치를 탑재한 태그를 사람이나 사물에 부착하여 대상의 위치를 추적하는 시스템을 말한다. 그림 1은 위치 추적 시스템의 기본 구조를 나타내는 그림이다.

그림 1과 같이 위치 추적 시스템은 태그와 위치 추적 서버로 구성된다. 태그는 GPS를 이용하여 위성들로부터 위치 정보를 수집한다. 그리고 Wi-Fi를 이용하여 무선 AP와의 연결을 관리하고 이를 통해 위치 추적 서버로 수집한 위치 정보를 전달한다. 위치 추적 서버는 태그로부터 받은 위치 정보로 태그의 위치를 결정하고 사용자에게 이를 제공한다.

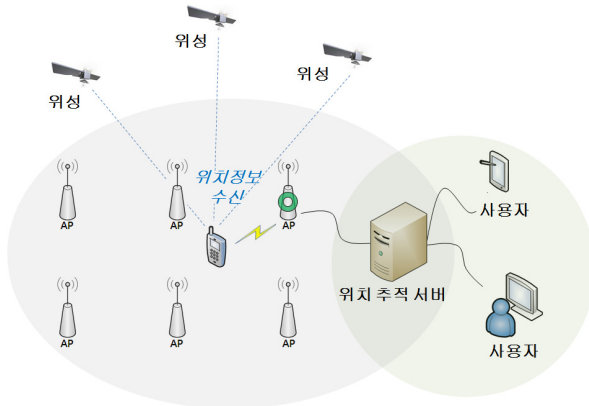


그림 1. 위치 추적 시스템 구조도
Fig. 1. Overview of the location tracking systems

대부분의 GPS와 Wi-Fi를 이용한 위치 추적 시스템은 태그의 역할로 PDA나 스마트폰 같은 범용디바이스를 사용한다. 이러한 범용디바이스를 사용하면 위치 추적이란 기능적인 측면에서는 비교적 쉽게 시스템을 구현하고 제공할 수 있지만 다수의 대상에 적용할 경우 태그의 단가로 인한 문제점이 있다. 또한 기존의 시스템은 태그의 GPS와 Wi-Fi 장치가 소비하는 전력을 고려하지 않기 때문에 장시간 동안 위치를 추적할 수 없는 문제점이 있다. GPS는 기본적으로 전력소모가 큰 장치이므로 사용시간을 최소화하는 방법이 필요하고 Wi-Fi 역시 사용 시간과 상대적으로 큰 전력이 소모되는 송수신 동작 횟수를 최소화 할 필요가 있다.

2.2. IEEE 802.11 표준 핸드오프

핸드오프는 기존에 연결된 AP와의 통신 가능 거리를 넘어서거나 장애물로 인해 통신이 단절되는 경우 발생하게 된다. 현재 IEEE 802.11^[4]의 핸드오프는 기존의 AP와의 연결을 완전히 끊고 새로운 AP로 연결하는 하드 핸드오프 (hard hand-off) 방식을 사용하고 있다. 그러나 IEEE 802.11 표준 핸드오프 방식의 경우 이동형 단말의 이동성을 고려하지 않았기 때문에 핸드오프 성능 개선을 위한 많은 연구가 진행되었다. 기존 연구들은 핸드오프 과정에서 발생하는 지연시간을 줄여, AP와의 연결이 단절되는 시간을 최소화 하는데 목적이 있었다.

초기 핸드오프 관련 연구는 핸드오프로 인한 단절 시간의 가장 큰 비중은 채널 검색 과정에서 발생한다고 생각하였고 이를 줄이는데 초점을 맞추었다^[5,6]. 예를 들어, IEEE 802.11 표준의 채널 검색 방식인 능동 검색과 수동검색을 같이 사용하여 채널 검색 시간을 줄이는 방법을 제안하거나, 검색하는 채널의 수를 줄

여 검색 시간을 줄이는 방법들이 연구되어 왔다. 그러나 최근 핸드오프 관련 연구는 단절 시간 중 가장 큰 시간을 소모하는 것은 AP와의 연결이 단절됨을 인지 하는데 걸리는 시간이란 것을 알아냈다. 그리고 이를 줄이기 위해 연결이 단절되기 전에 미리 현재 AP와의 연결 상태를 분석하고 주변에 더 좋은 AP가 존재하는지 확인하여, 현재 AP의 연결 상태가 나빠진다면 좋은 상태의 AP로 핸드오프를 하는 예측 핸드오프 기법에 대한 연구가 주도적으로 이루어지고 있다. 예측 핸드오프를 하기위한 기준으로는 GPS, AP의 신호세기 등을 활용하는 연구들이 존재한다^[7-19]. 이러한 기존 연구들은 소비 전력 측면을 고려한 것이 아니라 핸드오프 시 발생하는 지연시간을 최소화하는 부분에 초점을 맞추었다. 그 결과 현재 AP와의 연결 상태를 확인하거나 주변에 더 좋은 AP를 찾기 위한 동작을 수시로 수행함으로써 IEEE 802.11 표준 핸드오프 방식보다 더 많은 전력소모를 유발한다. 따라서 기존에 제안된 핸드오프 기법들은 전력소모 최소화를 최우선으로 해야 하는 시스템에서 사용하기에 적합하지 않으며 저전력을 고려한 새로운 핸드오프 방식이 필요하다.

III. 저전력 위치 추적 시스템 설계

3.1. 저전력 태그의 설계

본 논문에서 설계한 저전력 위치 추적 태그는 그림 2와 같이 마이크로 컨트롤러와 Wi-Fi 기능을 포함한 Wi-Fi SoC 모듈, GPS 모듈, 플래시 메모리, 가속도 센서, 전원으로 총 5개의 부분으로 구성된다. 각 모듈

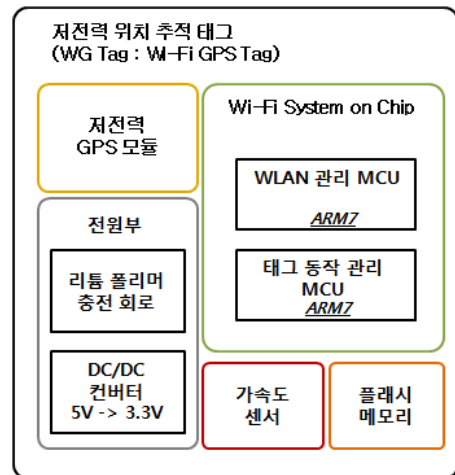


그림 2. 태그 시스템 구성 블록도
Fig. 2. Block diagram of a tag's components

들과 마이크로 컨트롤러는 대표적인 직렬 인터페이스

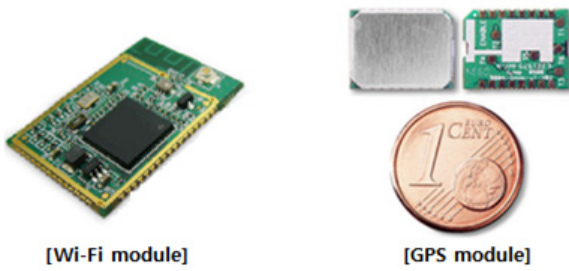


그림 3. 저전력 태그에 포함된 wifi 및 GPS 모듈
Fig. 3. Modules of WiFi and GPS are included a low-power tag

인 UART와 SPI로 연결된다. 그리고 리튬폴리머 배터리와 충전회로를 이용하여 충전 가능하게 설계되었다.

마이크로 컨트롤러는 낮은 전력소비, 간단한 주변 회로 구성, 안정성 등의 조건을 만족해야한다. 본 논문에서는 저전력 위치 추적 태그의 마이크로 컨트롤러로 Wi-Fi 기능을 포함하고 있는 Wi-Fi 모듈을 선정하였다. 현재 시장에서 Wi-Fi 기능을 제공하는 저전력 모듈은 여러 회사에서 출시되고 있다. 이러한 모듈들은 일반적으로 추가적인 마이크로 컨트롤러를 사용하여 WiFi 모듈에게 명령어를 전달하면 그에 맞는 작업을 수행하고 결과를 회신하는 방식으로 동작한다. 따라서 추가적인 마이크로 컨트롤러를 사용해야 하며, Wi-Fi 모듈을 제어하기 위한 별도의 작업이 필요하다. 반면, 본 논문에서 선정한 Wi-Fi 모듈의 경우 저전력이 요구되는 임베디드 응용에서의 사용을 목적으로 만들어진 Wi-Fi SoC 모듈로써 마이크로 컨트롤러와 Wi-Fi 기능 모두 포함되어 있으므로 추가적인 마이크로 컨트롤러를 선정할 필요가 없이 단독으로 운용 가능하다. 그림 3은 저전력 태그에 포함된 모듈을 나타낸다.

위치 정보 수집을 위해 사용되는 GPS는 초절전 모드가 지원되는 모듈을 사용하였다. 선정한 GPS 모듈은 측정 모드를 정상 동작시키거나 초절전 모드로 동작 가능하다. 초절전 모드는 GPS 전류소모를 uA 수준으로 유지할 수 있어 저전력이 요구되는 태그 개발에 유용하게 사용가능하다. 또한, 해당 GPS 모듈은 3미터 정도의 위치 오차를 가지며 측정 시작에 걸리는 시간이 빠른 장점이 있다.

3.2. 저전력 핸드오프 기법 설계

핸드오프를 수행할 시 발생하는 전력소모가 큰 채널 검색의 횟수를 줄이기 위해 태그가 GPS를 통해 수집하는 위치 정보를 이용한다. 태그가 채널 검색을 할

때 수집한 AP 정보와 위치를 기록하면, 위치를 기준으로 주변에 존재하는 AP들의 존재를 알 수 있다. 그리고 이후에 저장된 지점 근처에서 핸드오프가 발생할 경우 따로 채널 검색을 하지 않아도 저장된 AP 정보를 이용해 연결을 시도하여 채널 검색 횟수를 줄일 수 있다.

GPS로부터 얻어지는 위치 정보를 활용하여 주변 AP들의 정보를 사용하기 위해서는 태그에서 위치 정보에 따른 AP 목록을 관리할 필요가 있다. 위치 정보(위경도 좌표)와 그 위치에서 검색되는 AP의 SSID, MAC 주소, 채널 그리고 RSSI 값을 이용하면 그림 4과 같은 구조를 가지는 관리 표를 만들 수 있다. 이러한 위치 정보에 따른 AP 목록을 관리하는 표를 “AP 목록 표”(또는 AP 표)라고 정의 한다. AP 목록 표는 위치 정보와 순번을 키 값으로 하여 주변 AP의 정보를 얻을 수 있다.

각 태그는 이러한 AP 목록 표를 유지하고 있다가, 주변 AP의 정보가 필요할 경우 측정된 현재 위치를 이용하여 AP 목록 표에서 주변에 존재할 가능성이 있는 AP 목록을 얻는다. 따라서 AP 목록 표는 위치에 따른 주변 AP 정보를 제공할 수 있도록 지속적으로 관리 되어야한다. AP 목록 표의 생성과 갱신은 다음 두 가지 경우에 일어난다. 첫 번째는 AP 목록 표가 아직 생성되지 않았거나 현재 위치에서 사용할 수 있는 AP 정보가 존재하지 않는 경우이다. 이 경우 AP 표에 이용할 수 있는 정보가 없기 때문에 채널을 검색하여 주변 AP들의 정보를 수집하고 AP 목록 표를 생성하거나 갱신한다. 두 번째는 AP 목록 관리 표에 현재 위치에서 사용 가능한 AP 정보가 존재하지만 이를 이용한 AP와의 연결이 모두 실패한 경우이다. 이 역시 채널을 검색하여 AP 목록 관리 표를 갱신해야한다.

현재 위치 정보와 AP 목록 표를 이용한 핸드오프를 수행하면 채널 검색 횟수를 줄일 수는 있지만 AP 목록 표에 있는 AP와의 연결을 시도하기 때문에 실제로 주위에 존재하지 않는 AP일 가능성이 존재한다. 따라서 AP 연결 실패 횟수가 기존의 IEEE 802.11 표준 핸드오프 방식에 비해 늘어나게 된다. 그러나 채널 검색하는 경우가 AP 연결 실패를 하는 경우보다 약 13

위치 정보 (위도, 경도)	순번	AP SSID	MAC 주소	채널	RSSI 값
X1, Y1	1	AP1	00:27:0E:10:B9:86	07	-40dBm
X1, Y1	2	AP2	00:27:0E:10:B9:90	08	-50dBm
X2, Y2	1	AP3	00:27:0E:10:B9:95	13	-38dBm
...

그림 4. AP 목록 표 예시
Fig. 4. An example of the AP list table

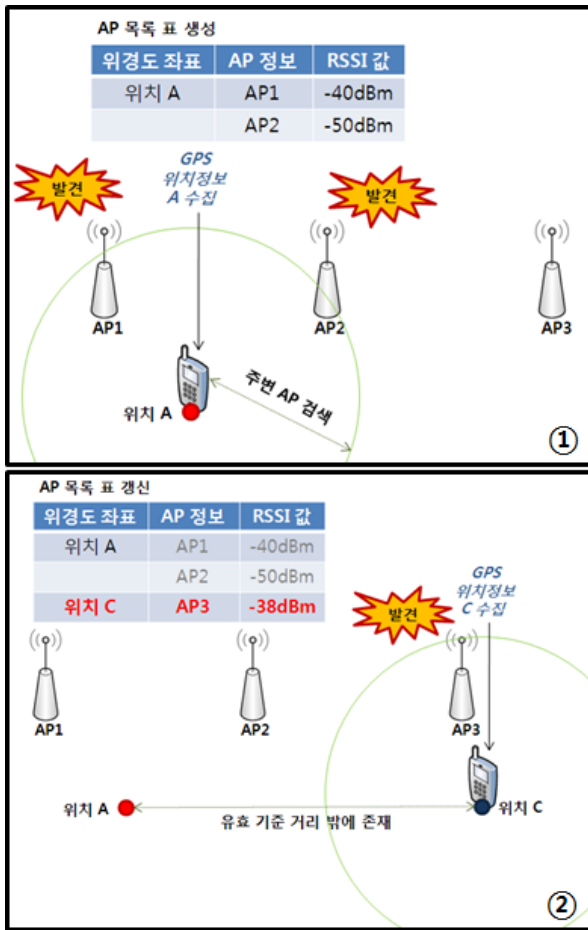


그림 5. AP 목록 관리 표 생성(①) 및 관리 표 갱신(②)
Fig. 5. Creation of the AP list table(①) and renewal of AP list table(②)

배 정도 더 많은 전류를 소비한다. 따라서 핸드오프 발생 시 채널 검색 횟수를 최소화 할수록 전력소모량도 줄일 수 있다.

3.3. 저전력 동작 모드 설계

GPS를 통해 위치 정보를 수집하는 시간과 수집한 데이터를 서버로 전송하는 시간 외에는 절전 상태로 있는 저전력 동작 모델을 제안한다. 태그가 시동하면 모든 하드웨어를 초기화하고 동작을 시작한다. 기본적으로는 저전력 모드 상태로 있고 타이머에 따라 주기적으로 동작 모드로 돌입한 후 GPS를 제어하고 수집한 위치 정보와 알라이브 메시지를 전송한다. 알라이브 메시지는 장치의 on/off 상태를 파악할 수 있는 메시지이다. 이때 GPS를 통해 위치 정보를 수집하고 위치 정보와 알라이브 메시지(alive msg)를 서버로 전송하는 주기 및 유무는 응용의 요구에 따라 달라질 수 있다. 그리고 전송 동작을 수행할 시점에 AP와의 연결 상태를 확인하고 만약 연결이 단절된 상태라면 저

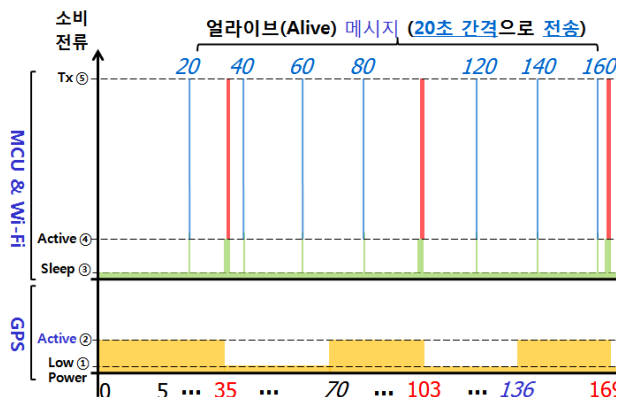


그림 6. 저전력 동작 모델에서 전류 소모량의 예 (duty cycle : 50%, 1분 주기, alive msg 주기 : 20초)
Fig. 6. An Example of current consumption using the low-power model ((duty cycle : 50%, period: 1 minute , alive msg period : 20 seconds)

전력 핸드오프를 통해 AP와의 연결을 시도한다. 이처럼 기본 상태는 저전력 모드로 있고 필요한 경우에만 동작 모드로 돌입하여 필요한 기능을 수행함으로써 전력소모를 최소화할 수 있다.

위치 정보 수집 주기를 정할 때는 GPS가 초절전 모드에서 위치 정보 수집 모드로 돌입하여 다시 위치를 잡는 데까지 걸리는 시간을 고려해야 한다. 이를 cold start, warm start, hot start 라고 부르고 일반적으로 처음 GPS를 사용할 시 Cold start 만큼의 시간이 소유된다. 그리고 한번 위치를 잡은 다음에 초절전모드로 도입하였다가 다시 위치 정보 수집 모드로 돌입하여 위치를 잡는 경우 warm start나 hot start의 시간이 걸린다. 또한, 위치를 잡는 동안에는 GPS가 위치 정보 수집 모드로 동작해야하므로 많은 전력이 소비된다. 그러므로 저전력 동작을 위해서는 이에 대한 고려가 필요하다.

본 시스템에서 선정된 GPS의 경우 각각 35초, 33초, 1초가 걸린다. 위치가 잡히는 시간이 일정하지 않기 때문에 위치 정보 수집과 절전 모드 동작 시간은 duty cycle을 두어 주기를 가지도록 한다. 즉, duty cycle을 1분 주기 50%로 갖는 경우 GPS가 자신의 위치 정보를 수집하는데 30초가 걸렸다고 한다면 30초 동안 절전모드로 동작함으로써 위치를 잡는데 걸리는 시간이 달라져도 일정한 비율을 가지고 수집 동작과 절전 동작을 수행하도록 한다. 이 duty cycle은 응용의 요구에 따라 달라질 수 있다. duty cycle이 길어져서도 태그가 일정한 시간 주기로 살아 있다는 신호, 알라이브 메시지를 보냄으로써 위치 추적 서버에서 태그의 상태를 확인 할 수 있게 한다. 이 알라이브 메시지의 주기 역시 응용의 요구에 맞춰 달라질 수 있다.

지금까지 저전력 위치 추적 시스템을 위해 제시한 태그의 동작모델을 살펴보았다. 그림 6은 duty cycle 1분 주기 50%, 얼라이브 메시지 주기 20초를 가지는 저전력 동작 모델을 나타낸 것으로 GPS와 wifi 모듈의 동작에 따른 전력 소모를 나타내고 있다. 얼라이브 메시지는 20초 주기로 전달되며 그 때마다 순간적으로 192mA의 전류를 사용한다. 30초 동안 측정할 GPS data msg는 GPS가 초절전모드로 진입할 때 전송되며 소모전류는 얼라이브 메시지와 거의 같으며 GPS data msg는 1분에 1번 전송된다. GPS는 50%의 duty cycle로 위치 정보 수집 모드로 진입하여 37mA의 전류를 30초 동안 사용하고 초절전모드에서 20uA의 전류를 소모하여 전력을 절약한다. 이 경우 30초 동안의 위치 정보가 없으므로 이동궤적을 정밀히 파악해야하는 응용은 GPS의 duty cycle과 동작 방법에 대한 고려가 필요하다.

IV. 시스템 구현 및 성능 평가

4.1. 저전력 태그의 구현

설계한 저전력 위치 추적 태그를 제안한 저전력 핸드오프 기법, 그리고 저전력 동작 모델을 적용하여 태그 하드웨어를 구현하였다. 주 동작을 담당하는 마이크로 프로세서와 Wi-Fi 동작을 담당하는 Wi-Fi SoC 통합 칩셋과, GPS모듈을 적용하였다. 또한 데이터 저장에 위한 플래시 메모리와 가속도 센서를 적용하여 구현하였다. 그림 7은 저전력 위치 추적 태그의 프로토타입으로 개발의 편의 및 성능평가를 위해 제작하였다. 상업용으로 제작할 경우 동전크기로 제작 가능하며 응용에 따른 배터리의 사이즈로 두께와 크기가 변경될 수 있다. 500mA 용량의 리튬폴리머 배터리를 이용할 경우 동전크기에 10mm 두께 미만의 장치제작이 가능하다.

구현한 태그의 전류소모량 측정을 위해 오실로스코프와 전류프로브를 사용하였다. 실측한 각 동작에 따



그림 7. 저전력 위치 추적 태그 프로토타입
Fig. 7. A prototype of tag device of power-aware location tracking

표 1. 태그의 각 동작 상태에 따른 전류 소모량과 동작 시간
Table. 1. Current consumption and time spending from each state of a tag

수행 동작	전류소모	소요시간
MCU & Wi-Fi 동작모드	38.7 mA	-
MCU & Wi-Fi 절전모드 (Deep Sleep)	0.11 mA	-
GPS 수집동작모드	37 mA	-
GPS 초절전모드	0.02 mA	-
채널검색 (채널 13개기준)	125 mA	279.5 ms
AP 연결 성공	93 mA	127 ms
AP 연결 실패	115 mA	23 ms
정보전송 (alive, data msg)	42 mA	18.4 ms

른 전류소모와 소요 시간은 아래 표 1과 같다. 동작이 나 절전 모드의 경우 일정 소요 시간이 걸리는 것이 아니므로 그 모드일 시 전류소비를 나타낸다. 그리고 다른 수행 동작의 경우 동작을 수행하는데 걸리는 전체 소요시간과 그 시간동안 소모되는 전류의 평균값을 구하여 나타내었다. 수집정보전송은 태그 ID와 위치 정보들을 포함 가능한 30 바이트의 크기를 기준으로 한 전류소모와 소요시간이다. 채널 탐색 없이 AP와의 연결 성공시 정보전송에 필요한 시간은 평균 145.38 ms로 40km/h (11 m/s) 로 달리는 차량을 가정하였을 때 1.61 미터 이동하는 동안 통신 및 정보전송이 가능하다. 채널 탐색이 있는 경우에는 424.88 ms 가 소요되며 4.72 미터 이동하게 되므로 문제없이 통신 및 정보전송이 가능하다. 수집정보의 데이터 량은 얼라이브 메시지가 20byte, 데이터 메시지가 300byte 수준으로 낮은 데이터 전송 환경에서도 전달 가능하다.

4.2. 저전력 핸드오프 기법의 성능평가

제안한 핸드오프기법의 성능평가를 위해 실제 환경을 모델링한 환경에서의 동작을 시뮬레이션 하였다. 모델링 대상 환경은 IEEE 802.11 기반의 AP들로 구성된 무선 네트워크 환경이 제공되는 바닷가 해수욕장 환경이다. 이러한 환경의 경우 일정 간격으로 AP들이 분포되어 있고 해수욕장 영역 전체에 무선 네트워크가 제공되기 때문에 핸드오프 기법의 성능을 평가하기에 적합하다. 그림 8는 시뮬레이션위해 해수욕장을 모델링한 환경이다.

시뮬레이션은 추적 대상인 태그가 전체 영역을 일반적인 사람의 걸음 속도(80cm/s)로 지속적으로 이동하는 상황에 대해서 수행하였다.

시뮬레이션 결과를 보면 시간의 흐름에 따라 저전력 핸드오프 기법의 경우 위치에 따른 AP 목록 포를

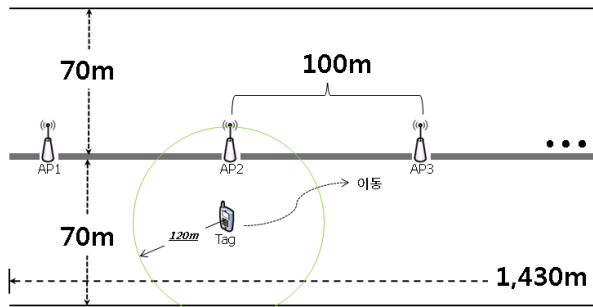


그림 8. 시뮬레이션 환경 (해수욕장)
Fig. 8. Environment of simulation (beach)

완성해 가기 때문에 점점 채널검색 횟수가 감소한다. 그리고 일정 시간 이상이 지나면 전 지역에 대한 완성된 AP 목록 표를 이용할 수 있으므로 채널검색을 더 이상 수행하지 않는다. 반면 IEEE 802.11 표준 핸드오프의 경우 핸드오프 발생 시마다 채널검색을 수행하기 때문에 계속해서 채널검색 횟수가 증가한다.

4.3. 저전력 측위 시스템의 전력 소모 성능 평가

저전력 동작 모델과 저전력 핸드오프 기법을 사용하였을 경우 Wi-Fi 사용에서의 전력소모의 개선 정도를 계산을 통하여 평가하였다. 동작 모델과 핸드오프 방식을 조합하여 표 12와 같이 3개의 대상을 만들었고 각 대상의 전류/전력소모량을 계산하였다. 저전력 동작 모델 설정에서 GPS가 자신의 위치를 잡는데 걸리는 시간은 사용한 GPS 모듈의 warm start인 33초가

표 2. 표준 핸드오프와 저전력 핸드오프의 비교
Table. 2. Comparisons of hand-off methods between the standard and a proposed

비교	핸드오프	1h	2h	6h	24h
채널 검색 누적 횟수	IEEE 표준	23	72	140	524
	저전력	9	10	10	10
	횟수 차이	-14	-62	-130	-514
연결 실패 누적 횟수	IEEE 표준	0	0	0	0
	저전력	2	8	19	89
	횟수 차이	+2	+8	+19	+89

표 3. 표준 동작 모델과 저전력 동작 모델의 비교
Table. 3. Comparisons of the energy-saving models

비교	전류소모량	전력소모량
일반 동작 모델 표준 핸드오프	22.74mAs	75.042mW/s
저전력 동작 모델 표준 핸드오프	0.42mAs	1.386mW/s
저전력 동작 모델 저전력 핸드오프	0.17mAs	0.561mW/s

소요된다고 가정하였고 duty cycle은 25%로 설정하였다. 또한 얼라이브 메시지 전송주기는 20초로 설정하였다. 그리고 핸드오프의 결과를 적용하기 위해 시뮬레이션 하였을 경우 나오는 동작 값을 사용하였다. 표 3은 전체 동작 시간을 6시간으로 설정하여 계산한 결과이다.

계산 결과 저전력 동작 모델은 일반 동작 모델에 비해 약 98% 전력소모가 줄었고 저전력 핸드오프 기법은 IEEE 802.11 표준 핸드오프 기법에 비해 약 59% 전력소모가 줄었음을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 위치 추적 태그와 서버를 설계하고 태그의 수명을 늘리기 위해 저전력 핸드오프 기법과 저전력 동작 모델을 제안함으로써 저전력 위치 추적 시스템을 설계하고 구현하였다. 제안하는 저전력 핸드오프는 기존의 IEEE 802.11 표준 핸드오프 기법에서 고려하지 않은 전력적 측면에 초점을 맞추어 전력소모가 많이 일어나는 채널검색 횟수를 줄여 전력소모 성능을 개선하는 기법이다. 그리고 저전력 동작 모델은 기존에 범용 장치 사용 시 발생하는 전력소모를 절전모드와 duty cycle을 이용하여 최소화 할 수 있는 동작 방법을 제안한 모델이다. 또한, 이러한 저전력 동작 모델을 사용할 경우 태그의 정보 수집 주기가 길어지는 문제를 해결하기 위해 얼라이브 메시지 전송 기능을 제시하여 위치 추적 서버에서 태그의 상태를 관리 할 수 있다.

제안한 저전력 핸드오프 기법을 시뮬레이션과 실제 환경 정보를 이용하여 성능 평가와 검증을 하였고, 실측을 기반으로 구현한 저전력 위치 추적 태그의 전력소모를 계산함으로써 전력소모 측면에서 개선 효과를 평가하였다. 그 결과 저전력 핸드오프 기법의 경우 IEEE 802.11 표준 핸드오프 기법과 비교했을 때, 시간이 흐름에 따라 점점 더 크게 채널 검색 횟수를 줄일 수 있었다. 그리고 전력소모 측면에서는 저전력 동작 모델의 경우 기본 동작 모델에 비해 약 98%, 저전력 핸드오프 기법은 IEEE 802.11 표준 핸드오프 기법에 비해 약 59%의 전력소모를 줄일 수 있음을 확인하였다.

References

[1] Kim Gwangyeol, Park Inhwan Im Yirang,

- Hong Aeran, Kim Jinyoung, Shin, Yoan, "Recent Trends in location-based services," *Information and Communication: Journal of Korea Information and Communications*, Vol 28, No. 7, 2011.
- [2] Jung Gumin, Choi Wansik, "smart phone location-based services (LBS) technology trends," *TTA journal*, No. 130, 2010년.
- [3] Oh Seonjin, Kim Jinhee, Jeong Eunkeyok, "the design and implementation to prevent to lost child using GPS ," *Conference of Korea Multimedia Society, Spring Conference Proceedings*, 2008.
- [4] IEEE 802.11, *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications*, *IEEE 802.11*, 2007.
- [5] SL Tsao, and YL Cheng, "Improving Channel Scanning Procedures for WLAN Handoffs," *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 4809, 2007.
- [6] I. Ramani and S. Savage, "SyncScan: partical fast handoff for 802.11 infrastucture networks," *24th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communication societies, (INFOCOM 2005)*. 2005.
- [7] H. Kim, S. Park, C. Park, J. Kim, and S. Ko, "Selective Channel Scanning for Fast Handoff in Wireless LAN using Neighbor Graph," *ITC-CSCC 2004*, July 2004.
- [8] Hyun-Sung Park, Seung-Ho Han, Jong-Deok Kim, "Vehicular Client Roaming and Location-based Handoff through Multiple WLAN APs in a Container Terminal" *International Conference on Convergence and Hybrid Information Technology*, pp.465-472, 2009.08.
- [9] Yoon Insu, Chung Sanghwa, Kim Jungsoo, "IEEE 802.11 wireless network handover mechanism using the GPS and SNR", *Journal of KISS: Information Networking*, Vol. 36, No. 3, pp. 256-262, June 2009.

손 상 현 (Sanghyun Son)

2007년 2월 부산대학교 컴퓨터공학과 학사



2009년 2월 부산대학교 컴퓨터공학과 석사

2009년 3월~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 박사과정
<관심분야> 임베디드시스템, 무선 센서 네트워크, RTLS, RFID

백 종 찬 (Jongchan Baik)

2010년 2월 부산대학교 컴퓨터공학과 학사



2012년 2월 부산대학교 컴퓨터공학과 석사

2012년 3월~현재 UDP 테크놀로지 사원
<관심분야> 임베디드시스템, 로봇제어, Wi-Fi 위치 측정 시스템

백 윤 주 (Yunju Baek)

1990년 2월 한국과학기술원 전산학과 학사



1992년 2월 한국과학기술원 전산학과 석사

1997년 2월 한국과학기술원 전산학과 박사

1999년~2002년 NHN 기술연

구소 소장

2003년~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 교수

<관심분야> 임베디드시스템, 센서네트워크, 컴퓨터 구조