

Cricket 방식을 사용하는 실내 위치 측정 시스템에서의 Power Saving 방안

김민규*, 이우용*, 이혜진*, 이원희**, 엄두섭***
고려대학교 공과대학 전자컴퓨터학과

Power Saving Technique for the Cricket Location-Support System

Minkyu Kim*, Wooyong Lee*, Hyejin Lee*, Wonhee Yee**, Dooseop Eom***
Electronics and Computer Engineering Department
Korea University

E-mail : *mensama@final.korea.ac.kr, *sayhj@final.korea.ac.kr, **eomds@final.korea.ac.kr

Abstract

본 논문에서 제안하는 방안은 Cricket 방식을 사용하는 위치 인식 시스템에서 전력 소모를 억제하는 방안이다. 복수의 전송 모듈인 Beacon 과 유저당 한 개씩 갖게 되는 수신모듈 Listener 로 구성되는 기본적인 Cricket 구조에서 전송 모듈인 Beacon 은 일반적으로 랜덤 방식으로 송신을 행하게 된다. 이럴 경우 사용자가 없는 구역의 Beacon 이 초음파를 계속 발생함으로써 불필요한 전력 낭비가 생긴다. 이를 막기 위해 사용자가 있는 구역의 Beacon 들에게 우선순위를 부여하여 이 Beacon 들이 우선적으로 전송을 행하게 하는 방안을 고안한다. 이 방안은 시스템의 규모가 클수록 그 효율을 발휘한다. 유저가 있는 영역의 시스템만 가동되므로 불필요한 Beacon 전력 낭비를 줄일 수 있기 때문이다.

본 논문에서는 기본적인 Cricket 구조의 설명에 이어, 제안하는 방안에 대해 논하고 마지막으로 시뮬레이션을 통한 성능 분석을 행하였다.

I. 서론

최근에 주목을 받고 있는 유비쿼터스 컴퓨팅에서는 주변의 상황을 인식하는 것이 매우 중요한 요소이다.

주변 상황이란 온도, 습도, 조도 등을 말하기도 하지만 무엇보다 핵심이 되는 것은 위치정보일 것이다. 유저나 디바이스들이 위치정보를 제공받게 되면 많은 모바일 응용들의 기능이 크게 향상된다. 제공받은 위치정보를 바탕으로 적절한 시기에 적절한 서비스를 올바른 사용자나 사용자 장치에게 제공할 수 있게 되기 때문이다. 사용자의 위치정보를 제공해 주는 대표적인 서비스로는 GPS 와 이동통신망을 통한 위치 측정 시스템을 들 수 있다. 그러나 GPS 는 위성의 전파가 감쇠되어 실내에서는 제대로 그 기능을 발휘하지 못한다. 또한 임베디드 컴퓨터가 주변 환경과 사물에 내재되어 사용된다는 유비쿼터스 환경에서는 장치의 가격이 매우 중요한 요소이므로 가격이 비싼 GPS 는 실내용으로 적합하다고 할 수 없다. GPS 를 사용할 수 없는 실내에서 사용자 장치의 위치를 인식하기 위한 시스템은 전파 신호의 전달 지연 혹은 RSS(Receive Signal Strength)를 이용한 마이크로 소프트사의 RADAR[1]와 초음파를 이용한 AT&T 연구소의 Active Badge[2]와 Active Bat 시스템[3], 그리고 MIT 에서 개발한 Cricket, UWB 를 이용한 Multispectral Solutions Inc 의 PAL(Precision Asset Location System)[4]등이 있다. 이 많은 시스템 중 빠른 위치 정보 갱신과 정밀도, 그리고 저렴한 가격, 프라이버시 존중이라는 모든 요소를 제일 잘 만족시켜주는 시스템은 Cricket 시스템

이다. 본 논문에서는 초음파와 RF 를 이용하여 실내에서 사용자의 위치정보를 파악하며, 트랜스미터 역할을 하는 Beacon 과 리시버의 역할을 하는 유저 디바이스로 이루어진, Cricket 방식을 사용하는 실내 위치 측정 시스템에서 전력 소모를 줄이고 보다 효율적인 시스템 운영이 가능한 방안을 제안한다.

II. Cricket System 의 기본적인 구조

본 절에서는 서문에서 언급한 Cricket 시스템의 기본적인 구조를 간단히 살펴보도록 하겠다.

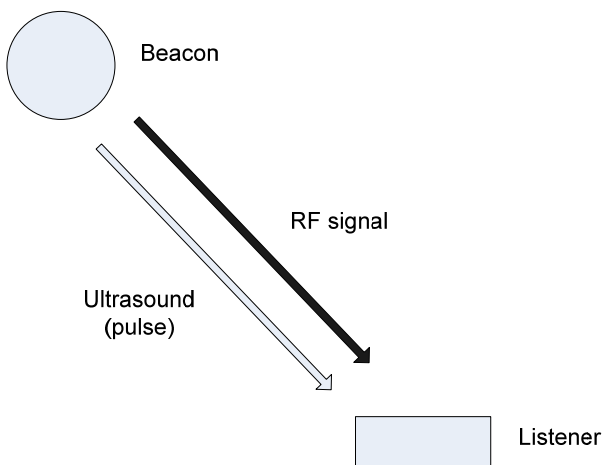


그림 1 Cricket 시스템의 거리측정방법

Cricket 시스템에서는 Beacon 이라 불리는 unit 이 천장에 부착된다. 각 Beacon 은 주기적으로 RF 신호와 초음파 신호를 동시에 발생시킨다. 사용자들이 들고 있는 Mobile Receiver 는 Listener 라고 불리는데, 이 Listener 가 RF 신호와 초음파신호를 받는 역할을 한다. RF 와 초음파는 그 속도에 차이가 있으므로 Beacon 이 동시에 발생시켰다 해도 Listener 에 도달할 때까지 걸리는 시간은 동일하지 않다. Listener 는 이 시간 차이를 측정하여 Beacon 과 자기 자신의 거리를 계산하게 된다. 이러한 거리 정보를 3 개 이상의 Beacon 들에게 받으면, 삼각 측량법을 사용하여 Listener 의 위치를 계산할 수 있다.

이와 같이 초음파 신호와 RF 신호를 동시에 사용하면 Beacon 과 수신기 간의 시간 동기가 맞지 않아도 두 신호의 도달 시간 차를 이용하여 거리 측정이 가능하다는 장점을 얻을 수 있다. 또한 Listener 가 신호를 발생시키는 경우, User 의 위치가 노출되는 위험성이 있으나, Cricket 시스템의 경우 Listener 는 단지 신호를 받

을 뿐, 자기에 대한 정보가 실린 신호를 발생하지 아니한다. 이런 면에서 Cricket 이 다른 초음파를 쓰는 시스템보다 우수하다고 할 수 있다.

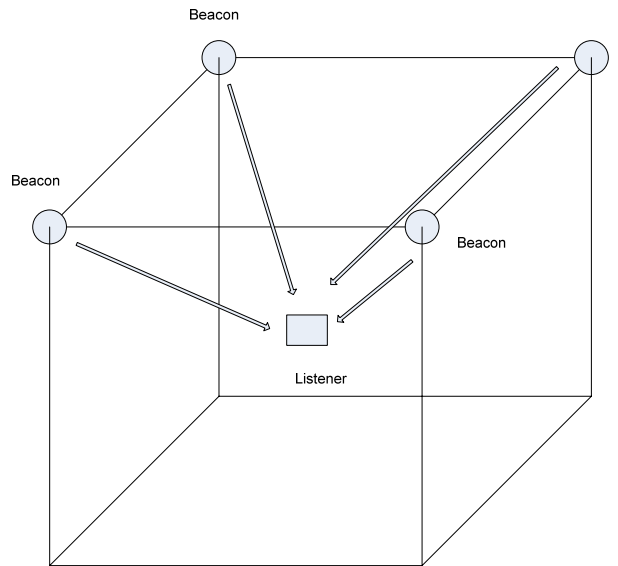


그림 2 Cricket 시스템의 위치측정방법

Cricket 시스템은 다수의 Beacon 들이 무작위적으로 거리 측정을 위한 신호들을 송출하는 상황에서 각 Beacon 들이 전송하는 RF 신호와 초음파 신호의 쌍을 구분할 수 있도록 하기 위하여 다음의 기법을 사용한다. 우선 각 Beacon 은 자신이 전송한 초음파 신호가 Listener 에 도달할 때까지 RF 신호를 계속 전송하도록 한다. 또한 Beacon 들은 RF 신호 전송에 앞서서 Carrier Sensing 을 하여 다른 Beacon 이 신호를 보내지 않고 있음을 확인하고 전송을 하기 때문에, 특정 Beacon 이 보내는 RF 신호와 초음파 신호의 쌍을 구분할 수 있다.

III. Power Saving 를 위한 방안

본 논문에서 제안하는 Power saving 기법은 Cricket 방식을 기반으로 하는 시스템에서 Beacon 들이 사용자의 유무에 관계 없이 항상 주기적으로 신호를 발생하는 경우, 많은 전력을 낭비한다는 점에 착안하여, 이를 개선하기 위해 고안되었다. 특히 유비쿼터스 환경에서는 거의 모든 사물과 환경에 통신 장치가 탑재된 초소형의 임베디드(Embedded)컴퓨터가 내재되어 있고, 이들의 전력은 소형 건전지가 제공할 가능성이 크기 때문에 전력 소모를 줄이는 건 매우 중요한 일이라고 할 수 있다.

국내에서 CSMA-CR 알고리즘을 적용하여

Beacon 들에게 우선 순위를 부여하는 방식이 고안되었다.[5] 이 방식은 Cricket 시스템에서 Beacon 들 사이에서 신호가 충돌이 나는 것을 방지하기 위해 고안되었다. 기본적으로 CSMA 를 사용하고 있다고는 하나, Career Sensing 후에 동시에 신호를 송출하는 경우의 충돌은 막을 수가 없기 때문에, 이러한 충돌이 생길 경우에 Beacon 들에게 우선순위를 부여하여, 높은 우선순위의 Beacon 부터 신호를 보내게 하는 방식이다. 이를 위해 CSMA-CR 의 Frame format 에 Arbitration part 를 삽입하게 된다.

제안하는 알고리즘은 이 Arbitration part 앞에 새로운 우선순위 bit 를 하나 더 추가하여 Power saving 에 활용한다. 일단 모든 시스템내의 모든 Beacon 들은 항상 전송을 시도한다고 가정한다. 이렇게 하여도 CSMA-CR 에 의해 모든 Beacon 들이 충돌 없이 전송이 가능하기 때문이다. Beacon 은 자기 구역에 사용자 장치(Lister)가 있는 경우 우선순위를 High level (logic-1)로 하고, 없는 경우에는 우선순위를 Low level(logic-0)로 한다. 이렇게 함으로써, 사용자 장치(Listener)가 없는 구역에 있는 Beacon 들은 자기 구역에 사용자가 나타날 때까지 초음파 전송을 하지 않게 된다. Listener 가 없는 구역의 Beacon 은 낮은 우선순위를 갖는다고는 하나 실제로는 전송할 기회가 주어지지 않는다. 즉, 계속 대기 상태이다.

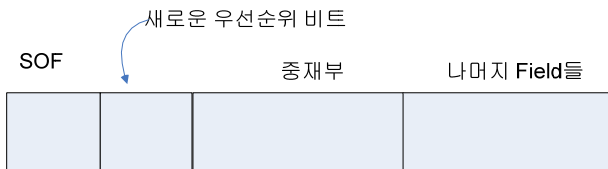


그림 3 프레임 포맷

Listener 의 유무는 Listener 가 주기적으로 발생하는 초음파 신호를 사용하여 구분한다. 이 초음파 신호를 Beacon 이 받았다면 그 Beacon 주위에는 사용자가 있다는 말이므로, Beacon 은 자기 자신의 우선순위를 “1(high)” 상태로 맞추게 된다. 반대로 일정 시간 동안 Listener 의 초음파 신호를 받지 못한 Beacon 은 우선순위를 “0(low)”상태로 맞춘다. Listener 가 있는 구역의 Beacon 들은 일차적으로 높은 우선순위를 갖게 되고 이 우선순위는 그 구역에 Listener 가 있는 동안 유지된다. 그러므로 경합 시에 Listener 가 없는 구역의 Beacon 은 전송할 기회를 가질 수 없다. 또한 1 차적인 우선순위를

얻은 Beacon 들 사이에서도 이미 전송을 한 Beacon 인가 아직 전송을 하지 않은 Beacon 인가에 따라 2 차적인 우선순위를 갖게 한다. 이를 통해 유저 영역에 있는 Beacon 들 사이에서도 공평한 전송을 도모한다

시스템은 기본적으로 OOK(On-Off keying) 방식을 사용한다. Beacon 들이 전송을 하고자 하였을 때, 일단 채널의 상태를 Sensing 하면서 자신의 Bit 들을 보내기 시작한다. 이때 처음 우선순위 비트에서 우선순위가 High 인 Beacon a 는 1 을, 우선순위가 Low 인 Beacon b 는 0 을 각각 전송한다고 가정한다. 이때의 채널 상태는 1 이 되고, Beacon a 는 자신의 Bit Level 과 채널의 상태가 같으므로 다음 bit 를 계속 전송한다. Beacon b 의 경우는 자신의 Bit Level 과 채널의 상태가 다르므로 전송을 중지한다. 이러한 방식으로 사용자가 없는 위치에 있는 Beacon 들은 경쟁에서 지게 되어 전송을 하지 않게 된다.

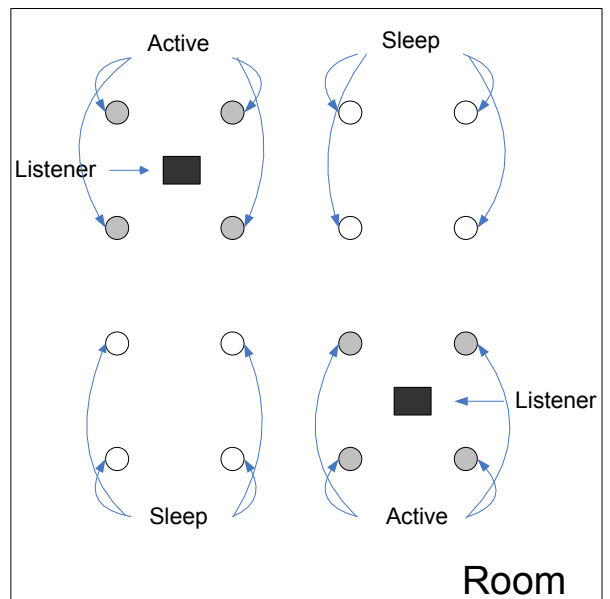


그림 4 방에 배치된 Beacon 들의 모습

위 그림은 한 방에 Beacon 이 16 개 있는 경우 Listener 가 있는 영역에 있는 Beacon 들은 Active 상태가 되고, Listener 가 없는 영역에 있는 Beacon 들은 Sleep 상태가 되는 것을 보여준다.

일반적으로 초음파의 range 는 RF 의 range 와 비교해 매우 짧으므로(3~5m) Listener 가 발생시키는 초음파 신호가 너무 멀리까지 퍼져서 불필요하게 Active 영역이 넓어지는 현상은 나타나지 않는다.

IV. 성능분석

본 논문에서 제안한 방식의 효과를 알아보기 위해 간단히 C를 사용하여 시뮬레이션을 실행하였다. Beacon의 전송 회수 비교를 통해 어느 정도 전력 소모를 억제하는가를 알아 보았다. 기존 시스템과 본 논문에서 고안한 방식을 사용하는 시스템을 비교하는 데 있어서, 한번 사용자의 위치를 update 시킬 때 몇 번의 Beacon 전송이 필요한가를 고려하였다. 기존 시스템의 경우 전송 회수는 랜덤 전송의 Worst Case(모든 Beacon 이 전송을 다 하는 경우)를 가정하였다. Active 한 영역은 1 개 영역만을 고려하였다.

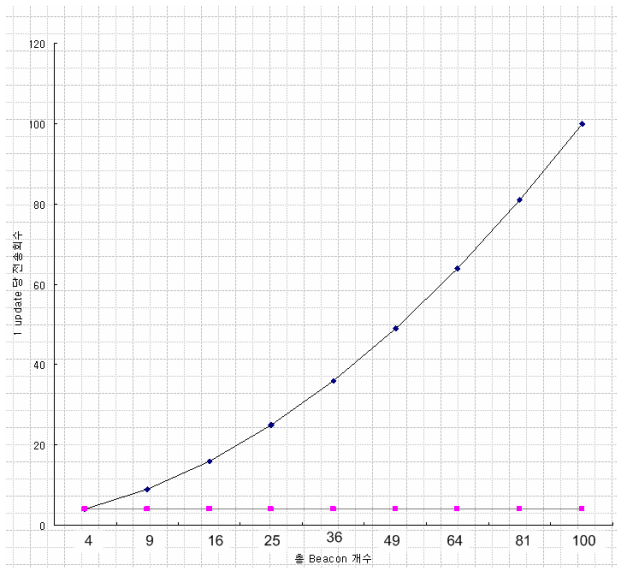


그림 5 시스템의 전송회수 비교

위 그림에서 x 축이 총 Beacon 개수를 나타내고 y 축이 한번의 update 당 전송회수를 나타낸다. 그림에서 점차적으로 증가하는 선이 기존 시스템의 경우 이고 일정한 값을 계속 유지하는 선이 본 논문의 방식을 사용한 경우이다. 결과에서 알 수 있듯이 Power saving 방안을 사용한 쪽이 현저하게 전송회수가 적은 것을 알 수 있다. 이 Power saving 방식에서 사용자 위치를 update 시키기 위해 필요한 전송회수는 총 Beacon의 개수와 무관하다. 오직 현재 Active 영역이 얼마나 많이 있는가, 즉 사용자의 수가 얼마나 많은가에 영향을 받게 된다.

V. 결론

본 논문에서는 Cricket 방식의 위치 기반 서비스를 사용하는 시스템에서의 전력 소모 억제 방안을 제안하였다. 시뮬레이션 결과 이 방안을 사용한 경우 확실한 Power saving 효과를 볼 수 있었다. 특히 규모가 크고 인구밀도가 낮은 경우 일수록 그 효과는 뛰어나게 나타난다. 한가지 문제는 사용자 장치인 Listener가 초음파를 송출하게 되므로 Listener의 전력 소모가 기존보다 약간 늘어난다는 것인데, 이를 고려하더라도 전체 시스템의 전력 소모량은 현저하게 줄어든다. 나머지는 Listener가 초음파를 송출하는 주기를 어떻게 적절하게 정해주느냐가 중요한 문제라고 할 수 있다. 이는 실제로 어플리케이션 상에서의 경험을 토대로 Feedback된 정보를 이용하여 수행되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] P. Bahl and V. Padmanabhan, "RADAR: an in-building RF-based user location and tracking system," Proc. Of IEEE INFOCOM, pp.775-784, March 2000.
- [2] R. Want, A. Hopper, V. Falcao, J. Gibbons, "The active badge location system," ACM Trans. On Information Systems, 10(1), pp.91-102, Jan. 1992.
- [3] A. Harter, A. Hopper, P. Steggles, A. Ward, and P. Webster, "The anatomy of a context-aware applications," Proc: of 5th Annual ACM/IEEE International Conf. On Mobile Computing and Networking (Mobicom1999), pp. 59-68, Aug.1999.
- [4] Multispectral Solutions, Inc. home page. (<http://www.multispectral.com>)
- [5] 송문규, "유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 측위시스템에서 비콘의 전송 중재 기법," 대한전자공학회논문지 TC, 1229-635X, 제 41 권 10 호, pp. 35-43, 2004