ubiHome 을 위한 ubiTrack 기반 위치 추적 방법[1]

정우진, 윤효석, 우운택 ,
광주과학기술원
{wjung, hyoon, wwoo}@gist.ac.kr

Location tracking method for ubiHome exploiting ubiTrack

Woojin Jung, Hyoseok Yoon, Woontack Woo
GIST U-VR Lab

요 약

본 논문에서는 스마트 홈을 위한 실내 위치 추적 방법을 제안한다. 스마트 홈 환경에서 개인의 상황에 맞는 서비스를 제공하기 위해서 위치는 중요한 정보 중의 하나이며 최근에는 위치 정보를 확장하여 거주자의 행동 정보를 활용하여 거주자의 행동에 따른 서비스를 제공하는 것이 이슈가 되고 있다. 이를 위해서 제안된 적외선 기반 실내 위치 추적 시스템인 ubiTrack 은 스마트 홈 내의 거주자로부터 거주자의 행동을 추론하기 위한 여러 컨텍스트 정보를 추출할 수 있다. 제안된 방법은 발신기, 수신기, 그리고 클라이언트 부분으로 나뉜다. 발신기는 천장에 부착되어 있는 적외선 발신기로부터 각각의 아이디를 가진 적외선 신호를 발생한다. 두 개의 적외선 수신 센서로 구성된 수신기는 발신기에서 발신된 아이디를 수신하여 클라언트 부분으로 보낸다. 클라이언트는 이 개별 아이디를 실제 위치정보로 전환하고 이를 활용하여 거주자의 방위와 속력 정보를 추출한다. 추출된 속력 및 방위 정보를 활용하여 거주자의 간단한 행동 정보를 추론할 수 있다. ubiTrack 에서 추출된 이러한 정보는 거주자의 최종 행동 정보, 즉 거주자가 TV 를 보려는지, 전등을 사용하려는지 등의 정보를 추론하는데 사용될 수 있다. 제안된 방법은 스마트 홈 테스트 베드인 ubiHome 에 적용이 되었으며 몇 가지 실험을 통하여 거주자의 행동을 통하여 스마트 홈 환경에서 거주자의 행동을 통한 서비스 제공이 가능함을 보였다.

Keyword : activity, location, orientation, smart home

1. 서 론

하드웨어의 발전과 통신기술의 발전은 실내 위치 추적 시스템의 급속한 발전을 가져왔다[1]. 또한 위치 추적 기술의 발전은 사무실이나 박물관 등에서 많은 응용을 제공하게 되었다[2][3].

위치 추적을 위한 기술에는 삼각 측량법, 장면 분석법, 그리고 근접방법의 세가지 방법이 있다[4]. 현재 개발되고 있는 위치 추적 시스템은 이 세가지 방법을 사용하고 있으며 새로운 기반 구조를 구축해야 하는가, 이미 구축되어 있는 기반 구조를 사용할 수 있는가 따라 두 부류로 나뉠 수 있다. 위치 추적을 위해 새로운 기반구조를 필요로 하는 시스템에는 Active Badge, Cricket, ubiSense, 그리고 ubiTrack 이 있다[5][6][7][8]. 기존의 기반 구조를 사용할 수 있는 시스템에서는 WLAN, Bluetooth, 그리고 RFID 가 위치 추적을 위한 기술로서 주로 활용되고 있다[9][10][11].

여러 위치 추적 시스템이 개발되었고 또한 일부는 이미 상품화가 된 시스템이 있음에도 불구하고 아직도 실내 위치 추적 시스템에 대한 연구가 계

[1] 본 논문은 광주과학기술원 문화기술연구소 (CTRC)의 지원에 의한 것임

속되고 있다[12][13][14]. 이는 최근의 위치 추적 시스템의 개발에 대한 초점이 특정한 응용에 사용될 수 있는 적합한 위치 추적 시스템을 개발하기 위한 움직임 때문이다. 사용자의 위치 추적을 위해 위치 추적의 정확도 정도, 가격, 설치의 용이성, 실시간성, 기타 특정한 기능 등이 위치 추적 시스템의 개발에 고려되어 특정한 응용에 최적의 시스템이 활용되어야 한다.

이러한 관점에서 가정에서 필요한 위치 추적 시스템의 요구사항은 다음과 같다. 가정에서는 거주자들이 최대한 편안한 생활을 추구하기 때문에 최대한 적은 프로세싱 파워를 가지고 실시간으로 위치 추적이 가능해야 한다. 또한 가정내의 대부분의 서비스가 가전기기 등의 대상물 위주로 제공되기 때문에 절대적인 좌표와 더불어 대상물에 대한 상대적인 위치 추적이 가능해야 한다. 가정환경에서는 공간의 협소함 때문에 거주자들은 다른 곳에서와 비교해서 천천히 행동한다. 이러한 이유로 정적인 위치에서 방향만 바꾸는 경우가 빈번히 발생함으로 거주자의 위치가 바뀌지 않은 상태에서 방향이 바뀐 경우의 추적이 가능해야 한다. 마지막으로 가정에서는 다른 특별한 실내 공간과는 다르게 많은 행동들이 발생할 수 있다. 그렇기 때문에 거주자의 간단한 행동을 추론할 수 있어야 한다.

본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 광주 과학기술원의 스마트 홈 테스트 베드인 ubiHome 을 위한 적외선 기반의 근접방법을 사용한 실내 위치 추적 시스템인 ubiTrack 을 활용한 위치 추적 방법을 제안한다. 제안된 방법은 위치 추적을 위해 근접방법을 사용하였기 때문에 적은 프로세싱 파워를 가지고 실시간으로 거주자의 위치 추적이 가능하다. 거주자와 더불어 대상물의 위치 파악도 가능하기 때문에 대상물에 대한 상대적인 위치를 인식할 수 있으며, 두 개의 적외선 수신 모듈을 사용하여 거주자의 이동이 없는 상태에서도 방향의 변화를 인식할 수 있다. 거주자의 속력을 측정하여 거주자의 현재 상태 정보를 알 수 있으며, 독립적으로 동작하는 ubiTrack 을 활용하여 거주자의 특정한 위치 인식과 특정한 행동 추출이 가능하다.

본 논문에서 제안된 위치 추적 방법은 다음과 같은 장점을 가진다. 첫째, 스마트 홈 환경에서 거주자의 상황에 맞는 서비스를 제공하는데 최적화 되어 있다. 둘째, 오직 위치 추적 센서만을 가지고 거주자나 대상물의 위치, 방위, 속력 정보를 알 수 있다. 마지막으로 거주자의 상위 레벨의 행동을 추론하기 위해서 몇 가지 행위 정보를 알아 낼수 있다.

본 논문은 다음과 같은 구성을 가진다. 2 장에서는 ubiTrack 의 구조와 동작에 대해서 설명하고, 3 장에서는 신뢰성을 보이기 위한 실험을 보일 것이다. 4 장에서는 ubiTrack 의 응용분야에 대해서, 5 장에서는 본 논문의 결론과 앞으로 해결해야 할 과제들에 대해서 언급할 것이다.

2. ubiTrack 구조

본 논문에서는 ubiTrack 을 이용한 ubiHome 을 위한 실내 위치 추적 방법을 제안한다. 제안된 방법은 거주자나 대상물의 위치, 방위, 속력, 그리고 몇 가지 단순한 행위 정보를 인식할 수 있다.

2-1 시스템 구조

ubiTrack 의 기본적인 구조는 그림 1 과 같다. 천장에 부착되어 있는 발신기는 각자의 아이디를 가진 적외선 신호를 발신한다. 거주자의 어깨에 부착되어 있는 두 개의 적외선 수신 센서는 각각의 아이디를 수신하여 이를 실제적인 위치 정보로 전환한다. 생성된 위치 정보를 활용하여 ubiTrack 은 거주자의 속력과 가속도 정보를 추출한다. 생성된 속력과 가속도 정보를 활용하여 거주자가 서 있는지 걷고 있는지 뛰고 있는지를 알아낼 수 있다. 또한 생성된 위치 정보와 걷고 뛰는 등의 이동 정보를 활용하여 거주자가 방에 들어왔는지 나갔는지 어느 곳에 위치 하고 있는지 등의 상대적인 위치 정보를 알아낼 수 있다. 위치 정보를 활용하여 거주자의 방위 정보를 인식할 수 있다. 각각의 아이디를 가진 두 개의 적외선

센서를 사용하기 때문에 거주자의 방위 정보를 알아낼 수 있으며 방위정보의 변화를 이용하여 거주자가 어느 방향으로 돌았는지를 인식할 수 있다. 또한 독립형 ubiTrack 발신기의 사용으로 특정한 상황에서의 상태를 인식할 수 있다. 본 논문에서는 거주자의 침대 위치에 독립형 ubiTrack 발신기를 설치하여 거주자가 잠자리에 들었을 경우를 인식할 수 있다.

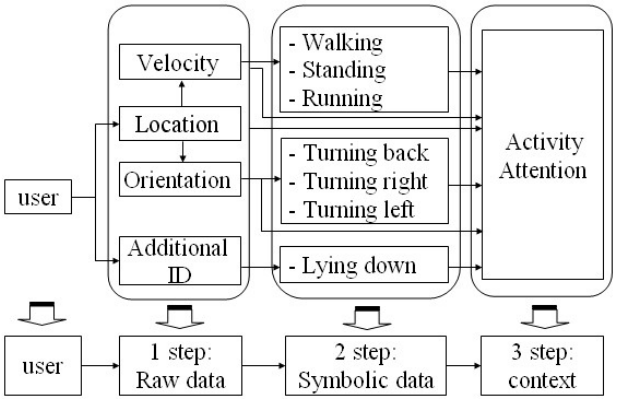

그림 1. ubiTrack 의 정보 흐름도

ubiTrack 에서 생성된 모든 정보는 세단계를 거쳐 생성된다. 첫번째 생성된 정보는 raw data 로서 거주자의 location, orientation, velocity, acceleration, special ID 등이 있으며 이 정보를 활용하여 서있기, 걷기, 뛰기, 돌기, 특정한 행위등의 2 차 정보인 symbolic data 를 생성한다. 이렇게 생성된 모든 정보는 UCAM 의 통합기에서 activity 나 attention 등의 상위레벨의 컨텍스트를 생성하는데 이용이 된다[15].

2-2 위치 및 방위 계산

그림 2 는 거주자의 위치 및 방위를 측정하는 방법을 나타낸다[16]. 두 개의 적외선 수신 모듈은 각각 오른쪽, 왼쪽의 아이디를 가지고 있다. 따라서 각각의 적외선 수신 모듈이 위치하고 있는 곳의 특정한 아이디를 받아서 그 정보를 실제 위치 좌표로 전환한다. 각각의 적외선 수신 모듈의 위치가 계산되면 이들의 중점을 계산함으로 거주자의 위치를 계산한다.

$$(x, y) = (\frac{x_l + x_r}{2}, \frac{y_l + y_r}{2})$$

또한 그림 2 에서 보는 것과 같이 두 적외선 수신 모듈의 좌표를 활용하여 θ 를 계산할 수 있다. θ 가

$$\theta = \cos^{-1} \frac{|x_l - x_r|}{\sqrt{(x_l - x_r)^2 + (y_l - y_r)^2}}$$

로 나타내어 질 때, 거주자의 방위 0 는 다음과 같다.

$$o(orientation) = \begin{cases} 0° & , x_l < x_r \ and \ y_l = y_r \\ \theta° & , x_l < x_r \ and \ y_l < y_r \\ 90° & , x_l = x_r \ and \ y_l < y_r \\ \theta + 90° & , x_l > x_r \ and \ y_l > y_r \\ 180° & , x_l > x_r \ and \ y_l = y_r \\ \theta + 180° & , x_l > x_r \ and \ y_l > y_r \\ 270° & , x_l = x_r \ and \ y_l >_r \\ \theta + 270° & , x_l < x_r \ and \ y_l > y_r \end{cases}$$

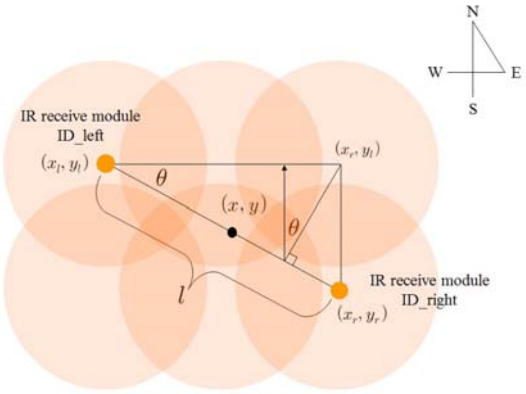

그림 2. 위치 및 방위 계산

2-3 속력 계산

거주자의 속력을 구하기 위해서 이전 위치와 현재 위치를 이용한다. ubiTrack 은 거주자의 움직임을 놓치지 않기 위해서 거주자의 위치를 0.25 초마다 계산한다. 이 시간 간격동안 거주자의 속력을 구하는 것은 무의미하기 때문에 2 초의 시간 간격을 두어서 그 동안 거주자가 이동하였던 거리를 시간으로 나누어서 속력을 계산한다. 이때 거주자의 최종 이동 경로가 중요한 것이 아니라 움직임이 중요하기 때문에 거주자가 2 초 동안 이동한 거리를 모두 합하여 속력을 계산한다.

$$velocity = \frac{\sum_{i=1}^{4t} \sqrt{(x_{c,i} - x_{p,i})^2 + (y_{c,i} - y_{p,i})^2}}{t}$$

2-4 행동 추론

ubiTrack 은 거주자의 위에서 언급한 raw data 를 활용하여 거주자의 단순한 몇가지의 행위 정보를 추출할 수 있다. 거주자의 속력 정보를 활용하여 거주자가 제자리에 서 있는지, 걷고 있는지, 달리고 있는지의 정보를 알수 있다. 각각의 상태는 다음과 같이 정의된다.

$$activity = \begin{cases} Standing, & if \quad velocity = 0 \\ Walking, & if \quad 0 < velocity < 100 \\ Running, & if \quad velocity > 100 \end{cases}$$

2-5 독립형 ubiTrack 발신기

제안된 방법에서는 거주자의 특별한 행위를 알아내기 위해서 독립형 ubiTrack 발신기를 사용한다. 기존의 ubiTrack 발신기가 천장에 설치되어 분배기를 통하여 연결되어 있는 것에 비해 독립형 ubiTrack 발신기는 거주자가 자신의 특별한 위치나 행위를 인식하고 싶은 곳에 부착할 수 있으며 독립적으로 동작한다. 그림 3 은 제작된 독립형 ubiTrack 발신기를 나타내고 있다. 센싱 영역의 크기를 조절할 수 있도록 신호를 증폭할 수 있는 부분에 가변저항을 부착하여 독립형 ubiTrack 이 사용되는 곳에 따라 센싱영역의 크기를 조절할 수 있다.

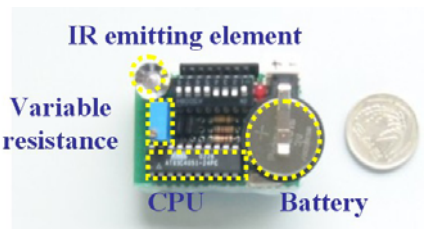

그림 3. 독립형 ubiTrack 발신기

본 논문에서는 독립형 ubiTrack 을 거주자의 침대에 부착하여 거주자가 침대에 누웠을 경우 이 독립형 ubiTrack 이 발신하는 특정한 아이디를 받아서 거주자가 잠자리에 들었다는 것을 인식할 수 있다. 그림 4 는 독립형 ubiTrack 이 실제 테스트베드에 설치된 모습을 보여준다.

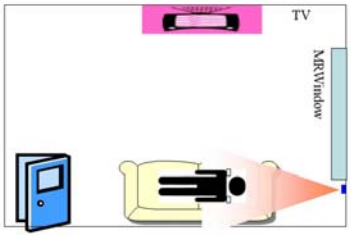

그림 4. 독립형 ubiTrack 설치도

3. 실 험

본 장에서는 위치, 방위, 그리고 속력의 정보가 어느 정도 오차가 있는지 실험을 통하여 보일 것이다. 실험은 광주과학기술원의 스마트 홈 테스트베드인 ubiHome 에서 진행되었다[18]. 그림 5 는 ubiHome 의 모습이며 ubiHome 에 산재되어 있는 각각의 서비스들을 표시하였다. ubiHome 안의 거주자는 ubiTrack 수신기가 부착된 옷을 입고 있다. 그림 6 은 ubiTrack 수신기와 클라이언트 부분이다.

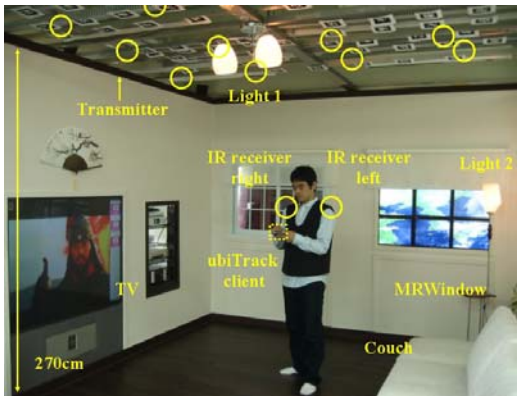

그림 5. ubiHome 테스트베드

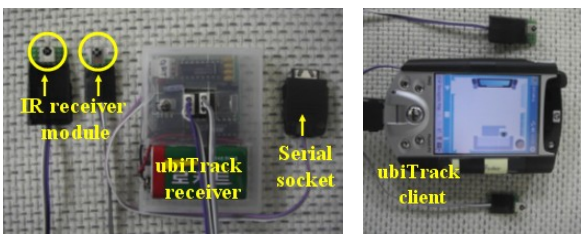

그림 6. ubiTrack 수신기와 클라이언트

거주자의 위치는 최대 15cm 정도의 오차를 가지고 방위의 경우에는 30° 의 오차를

가진다[16].

ubiHome에서 거주자의 이동에 대한 속력의 측정하기 위해서 ER1 로봇을 사용하였다[17]. ER1에 ubiTrack 수신기를 부착하고 ER1의 속력을 10cm/s에서 50cm/s까지 변화하면서 실제 변화된 속력과 ubiTrack에서 측정된 속력을 비교하였다. 그림 7은 각각의 경우에 측정된 ER1의 이동거리를 나타낸다. ubiTrack이 위치 추적을 위해서 근접방법을 사용하였기 때문에 위치가 이동하였더라도 센싱 영역을 벗어나지 않으면 위치의 변화가 없으며, 센싱 영역의 경계 지점에서만 위치의 변화가 나타난다. 이러한 이유로 측정된 로봇의 이동 거리는 그림 8에서의 실제 측정 거리와 같이 직선으로 나타나지 않고 계단형으로 나타난다. 따라서 이 경우, 앞의 속력 측정 부분에서 언급한 대로 환경에 적합한 시간 간격을 설정하여 속력을 구할 수 있다. 실내의 가정환경에서는 거주자의 많은 이동이 있지 않기 때문에 간단한 걸음 걸이 정도만의 측정을 위하여 시간 간격을 2초로 설정하였다.

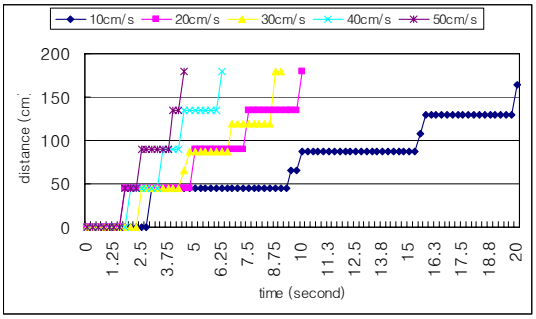

그림 7. 속력에 따라 측정된 로봇의 이동 거리

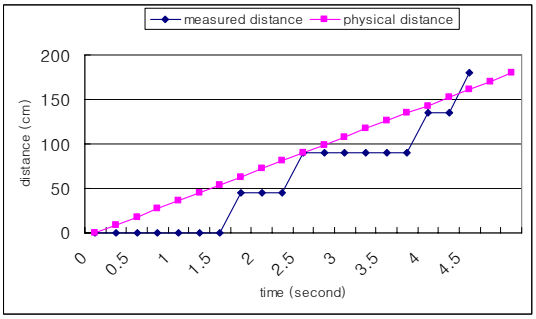

그림 8. 실제 이동 거리와 측정된 이동 거리

4. 응 용

제안된 방법은 스마트 홈 환경에서 거주자의 특정한 상황을 인식하여 그 상황에 맞는 여러 응용 서비스에 활용될 수 있다. ubiHome 에서는 거주자의 이동에 따라 ubiHome 내의 서비스가 상황에 맞게 자동으로 제공된다[19].

또한 ubiTrack 에서 생성된 거주자의 정보를 지능화된 컨트롤러(ubiController)에 활용할 수 있다[20]. ubiTrack 에서 생성된 정보를 가지고 거주자의 행동을 인식하여 거주자가 현재 이용하려고 하는 서비스에 대한 컨트롤러를 거주자의 휴대용 디바이스에 활성화 시켜 줄 수 있다. 그림 9 는 ubiController 의 동작을 나타낸다. (a)는 거주자가 실내에 들어왔을 때 전등과 음악을 켤 수 있는 아이콘을 활성화 시켜준 상태이며, (b)는 거주자가 단순히 집안에서 돌아다니고 있기 때문에 아무런 조작 정보를 주지 않는다. (c)의 경우는 거주자가 TV 앞에서 TV 를 바라보며 이동하지 않는 상태이기 때문에 거주자가 TV 를 보려는 의도가 있다고 판단하여 TV 를 조작할 수 있는 아이콘을 활성화 시켜준다. (d)에서는 거주자가 집 밖으로 나가려고 하기 때문에 모든 장치들을 끌 수 있도록 아이콘을 활성화 시켜준 상태이다.

(a) Entering (b) Walking

(c) Standing (d) Going out

그림 9. ubiController 의 동작

이후에 거주자가 잠자리에 들면 침대에 부착되어 있는 독립형 ubiTrack 은 이를 인식하고 ubiHome 은 현재 제공되고 있는 모든 서비스를 중

단한다.

5. 결 론

본 논문에서는 스마트 홈 테스트 베드인 ubiHome 에서 ubiTrack 을 이용한 위치 추적 방법을 제안한다. 제안된 방법은 기존의 ubiTrack 을 활용하여 스마트 홈 환경에 적합한 위치 추적 시스템을 구현한다. 이를 위해 거주자의 위치, 방위 정보와 더불어 속력 정보를 추출하여 몇 가지의 간단한 행동 정보를 추론할 수 있다. 이러한 정보는 상황인지 모델인 UCAM 에 전달되어 거주자의 행동이나 의도를 추론하는데 이용이 된다. 제안된 방법은 ubiHome 은 거주자의 상황을 좀더 정확하게 인식하고 이를 바탕으로 거주자의 의도나 행동을 추론하기 위한 정보를 제공하며 결과적으로 거주자의 상황에 가장 적합한 서비스를 제공할 수 있도록 한다.

더욱 지능적인 서비스를 제공하기 위해서 위치 정보의 히스토리를 사용할 것이다. 예를 들면 거주자의 위치가 옷걸이를 거쳐서 문 쪽으로 다가서면 거주자는 외출을 하려고 옷을 들고 문 밖으로 나가려는 것으로 해석할 수 있다. 이러한 거주자의 위치나 방위, 속력 정보 등의 히스토리 정보를 활용하면 현재보다 더욱 지능적이고 상황에 맞는 서비스를 제공할 수 있을 것이다.

References

[1] Jeffrey. H and Gaetano, B. “Location systems for ubiquitous computing,” IEEE computer, pp57-66, 2001

[2] A Ward, A Jones, A Hopper, “A new location technique for the active office,” IEEE Personal Communications, 1997 - cs.colorado.edu

[3] Atsushi Hiyama, Jun Yamashita, Hideaki Kuzuoka, Koichi Hirota, Michitaka Hirose. “Position Tracking Using Infra-Red Signals for Museum Guiding System,” UCS 2004, pp49-61

[4] J Hightower, G Borriello, “Location sensing techniques,” IEEE Computer, 2001

[5] R. Want, A. Hopper, V. Falcao, and J. Gibbons. The active badge location system. ACM Transactions on Information Systems, 10(1):91--102, January 1992.

[6] N. Priyantha, A. Miu, H. Balakrishnan, S. Teller, "The Cricket Compass For Context-Aware Mobile Applications," ACM MobiCom 2001, pp1-14.

[7] Benny P.L. Lo, Jeffrey L. Wang and Guang-Zhong Yang. “Form imaging networks to behavior profiling: ubiquitous sensing for managed homecare of the elderly,” pervasive05 demo, pp101-104

[8] Seokmin Jung and Woontack Woo. "ubiTrack: Infrared-based resident Tracking System for indoor environment," ICAT, pp181 ~ 184, 2004.

[9] Seigo Ito, Nobuo Kawaguchi: Bayesian Based Location Estimation System Using Wireless LAN. PerCom Workshops 2005, pp273-278

[10] Huang, A., and Rudolph, L, “A privacy conscious bluetooth infrastructure for location aware computing,”

[11] L.M. Ni, Y.H. Liu, Y.C. Lau and A.P. Patil, “LANDMARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID,” PerCom'03, March 2003.

[12] UbiSense Web Site. http://www.ubisense.net/.

[13] AeroScout Web Site. http://www.aeroscout.com/.

[14] Ekahau Web Site. http://www.ekahau.com/.

[15] Y.Oh, W.Woo, "User-centric Integration of 5W1H Contexts for A Unified Context-aware Application Model," UbiPCMM05.

[16] W.Jung, W.Woo, Sj. Lee, "Orientation tracking exploiting ubiTrack," ubiComp05, pp47-50.

[17] ER1 Web Site. http://www.evolution.com/.

[18] S.Jang, W.Woo, “Introduction of “UbiHome” Testbed,” ubiCNS 2005.

[19] Y.Oh, C.Shin, W.Jung, W.Woo, “The ubiTV application for a Family in ubiHome,” 2nd Ubiquitous Home workshop, pp23-32

[20] H.Yoon, W.Woo “Home Service Controller with Batch Execution Support,” KISS 2005