

유비쿼터스 컴퓨팅의 실내 측위 기술을 위한 U-SAT 시스템의 적용에 관한 연구

A Study on the Application of U-SAT System for the Indoor Positioning Technology of Ubiquitous Computing

이 동 활*, 박 종 진, 김 수 용, 문 영 성, 이 만 형
(Dong-Hwal Lee, Jong-Jin Park, Su-Yong Kim, Young-Song Mun, and Man-Hyung Lee)

Abstract : This study presents an ultrasonic location awareness system for the ubiquitous computing with absolute position. The flight time of ultrasonic waves is determined by a period detecting technique which is able to extend the sensing range compared with traditional methods. For location awareness, ultrasonic waves are sent successively from each ultrasonic transmitter and synchronized by radio frequency (RF) signal, where the transmitting part is fixed and the receiving part is movable. To expand the recognizing range, cell matching technique and coded ultrasonic technique are introduced. The experimentation for various distances is accomplished to verify the used period detecting technique of U-SAT system. The positioning accuracy by using cell matching is also verified by finding the locations of settled points and the usability of coded ultrasonic technique is verified. As a result, the possibility of ultrasonic location awareness system for the ubiquitous computing can be discussed as a pseudo-satellite system with low cost, a high update rate, and relatively high precision, in the places where GPS is not available.

Keywords : ubiquitous computing, indoor positioning, location awareness, ultrasonic, LBS

I. 서론

컴퓨터화의 새로운 패러다임으로 등장한 유비쿼터스는 유비쿼터스 컴퓨팅과 유비쿼터스 네트워크를 기반으로 물리적인 공간을 지능화하고 동시에 공간에 위치하고 있는 사물들을 네트워크로 연결시키려는 노력이라고 하겠다.

최근 유비쿼터스 컴퓨팅과 유비쿼터스 네트워크를 활용하여 새로운 서비스들을 개발하려는 노력이 진행 중이며, 이에 관련된 기술의 중요성도 급증하고 있다. 특히 유비쿼터스 컴퓨팅을 위해 물체의 위치를 찾아 이를 모니터링하고 보고할 수 있는 위치 인식 기술이 주요 기술 중 하나이다. 특히, 언제 어디서나 사람이나 사물과 같은 객체의 위치를 인식하고 이를 기반으로 유용한 서비스를 제공하는 유비쿼터스 위치 기반 서비스(u_LBS: Ubiquitous Location Based Service)가 중요한 응용 서비스로 대두되고 있다.

유비쿼터스에 대한 논의는 이렇게 다양한 응용분야와 적용기술과 관련하여 전개되고 있는데 비해서 공간적인 상황 인지 즉, 공간 내의 특정 지점 또는 지물의 위치에 근거한 상황에 대해서는 아직까지 체계적인 논의가 부족한 편이며 실제 적용된 사례도 매우 드문 상황이다.

이러한 관점에서 본 논문에서는 다양한 상황 인지 요소들 중에서 공간의 위치와 관련된 부분을 주로 살펴보고자 한다. 먼저 기본적인 위치인식 기술을 소개하고 이를 이용하여 여러 기관들에서 연구중인 기존의 위치인식 시스템에 대해 살

펴본 후, 초음파를 사용한 위치인식 시스템을 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에 적용 가능하도록 여러 가지 설계 매개변수들을 파악해 보았다. 나아가 위치인식 시스템의 성능 향상을 위해 몇 가지 아이디어를 제시하고 그에 대한 성능 분석 및 평가를 통하여 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에 적합한 위치인식 솔루션을 제시하고자 한다.

II. 관련 연구

1. 위치시스템

위치 시스템의 적용에 관해서는 다양한 이슈들이 제기될 수 있다. 이러한 이슈들은 일반적으로 시스템이 사용하고 있는 기법이나 기술과는 무관한 경우가 많으므로 위치 시스템을 평가하거나 설명하기 위해서는 위치 좌표 시스템에 대한 언급이 필요하다.

첫 번째로 위치 시스템은 위치 정보의 종류에 따라 물리적인 위치(physical position)와 상징적인 위치(symbolic location)로 구분할 수 있다. GPS (Global Positioning System)는 물리적인 위치를 제공한다. 예를 들면, 송실대학교는 북위 37도 29분 30초, 동경 126도 57분 42초 그리고 해발 132미터에 위치하고 있다. 반면에 상징적인 위치는 특정 물건이 거실에 있다 혹은 우체국은 슈퍼마켓 옆이다 와 같이 표현하는 방식이다.

두 번째로 절대위치와 상대위치 개념이다. 절대위치는 모든 개체의 위치를 표현할 때 기준점을 공유한다. 예를 들면, 모든 GPS 수신기들은 경도, 위도, 고도 혹은 이와 상응되는 메르카토르 좌표계(UTM: Universal Transverse Mercator)를 사용한다. 상대위치에서의 각 개체는 각자 자신의 참조 좌표를 가질 수 있다. 예를 들면, 바둑돌의 위치 표현방식의 경우 항상 특정 모서리를 기준으로 위치를 표현한다.

세 번째로 위치인식 시스템의 사용가능 영역에 따라 분류하는 것으로서 전역위치(global position)와 지역위치(local position)가 있다. 이는 실외위치(outdoor position)와 실내위치

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2006. 4. 30., 채택확정 : 2006. 6. 10.

이동활 : 부산대학교 기계공학과 박사 수료(한국LPS)

(ldh@korealps.co.kr)

박종진 : 송실대학교 컴퓨터학과(한국LPS)(pji@korealps.co.kr)

김수용 : 부산대학교 기계공학과(rocksy@pusan.ac.kr)

문영성 : 송실대학교 컴퓨터학부(mun@computing.ssu.ac.kr)

이만형 : 부산대학교 기계공학과(mahlee@pusan.ac.kr)

(indoor position)로도 구분이 가능하다. 전역위치는 가장 광범위한 위치인식 가능 영역을 제공하며, 현재 위치기반 서비스(LBS: Location Based Service)를 위해 GPS와 이동통신망 기반의 위치시스템이 활용되고 있다. 지역위치는 전역위치를 인식하는 시스템이 적용될 수 없는 실내나 창고와 같은 지역을 의미한다. 이러한 지역위치에서의 위치인식은 최근 유비쿼터스 컴퓨팅을 환경을 지원하는 중요한 기술로 인식되고 있으며 다양한 방법이 연구되고 있다.

2. 위치인식 기술

2.1 삼각측량 및 삼변측량

삼변측량에 의한 위치의 측정방식은 여러 개의 기준점으로부터 거리를 측정하여 물체의 위치를 계산한다. 2차원으로 물체의 위치를 계산하려면 동일 직선상에 있지 않은 세 점으로부터 거리를 측정해야 한다. 그리고 3차원 위치를 계산하려면 동일 평면상에 있지 않은 네 점으로부터 거리를 측정해야 한다. 거리를 측정할 때는 일반적으로 두 지점 사이를 특정 매체가 정해진 속도로 이동하는데 소요되는 시간(TOF: Time of Flight)을 측정하여 구할 수 있다.

삼각측량의 경우 삼변측량 방식과 유사하나 물체의 위치를 계산하는데 거리 대신 각도를 이용한다. 2차원 각도 측정을 위해서는 두 개의 각도와 기준점 간 거리가 필요하다. 3차원 각도 측정에서는 두 개의 각도와 기준점간 거리뿐만 아니라 방위도 필요하다.

각도를 측정할 수 있는 대표적인 방식으로 AOA (Angle of Arrival)이 있다. 이 방식은 배열 안테나(array antenna)가 필요하며 보통 물체가 발신하고 기지국이 다수의 기지국이 수신하여 각도를 계산한 후 물체의 위치 정보로 변환한다.

보다 발전된 방식으로 물체가 발신한 신호의 세기를 정밀하게 측정할 수 있으면 배열 안테나를 탑재한 기지국 1곳에서만 수신하면 거리와 각도를 계산할 수 있으므로 물체의 위치를 계산할 수 있다.

2.2 근접방식

물체가 알려진 위치 근처에 있을 때 위치를 인식하는 기술로서 일반적으로 세 가지 방식이 있다. 첫 번째, 물리적 접촉 감지에 의한 위치 인식은 가장 기본적인 방식으로서 압력센서, 터치 센서 등을 이용한다. 두 번째, 무선 네트워크 환경에서 물체가 발신한 신호를 한 개 이상의 기지국에서 모니터링 함으로써 위치 인식을 할 수 있다. 이러한 시스템에는 active badge 시스템과 802.11 무선 네트워크를 이용한 시스템 등이 있다. 세 번째, 식별 태그를 이용하는 시스템이다. 태그를 호출하거나 레이블을 읽어 들이는 장치에서 물체의 태그를 인식하여 위치를 유추할 수 있다.

2.3 패턴분석

패턴 분석에 의한 위치인식 기술은 특정 지점에서 관측된 패턴의 특성을 이용한다. 정적 패턴 분석법에서는 물체의 위치와 일 대 일로 연결되어 있는 미리 정의된 데이터 테이블을 구성하여 관측된 특성을 데이터 테이블에서 검색하면 물체의 위치를 찾을 수 있다. 차동 패턴 분석법은 위치를 예측하기 위해 연속적인 패턴간의 차이를 추적하고 패턴의 차이가 물체의 움직임에 해당한다는 원리에 근거하여 위치를 파악하는 방식이다.

표 1. 위치인식 시스템의 특징.

Table 1. Characteristics of positioning system.

위치인식 시스템	위치인식 기술	정밀도	적용 영역	한계점
GPS	RF, TOF, 삼각측량	10m	지구 전체	실내에는 적용이 안됨
이동통신망	RF, 신호세기, 삼각측량	수 10m	기지국	위치 오차가 큼
Active Badge	IR, 근접	방크기	방 1 개에 수신기 1 개	조명에 의한 간섭
Active Bat	Ultrasonic, TOF, 삼각측량	수 cm	수 10m ²	천정 센서 그리드 필요
Cricket	Ultrasonic, TOF, 삼각측량	수 cm	수 10m ²	천정에 다수 발신기 필요
RADAR	RF, 패턴, 삼각측량	수 m	건물의 각 층	무선 WLAN NIC 필요
RFID	RF, 근접	수 m	각 위치별 리더 1 개	각 리더기의 위치 정보 필요
Easy Living	영상처리, 삼각측량	~	방 1 개당 카메라 3 개	많은 장비 요구
UWB	UWB, TOF, 삼각측량	수 10m	수 km	오차가 큼

패턴 자체는 휴대용 카메라에 찍힌 프레임과 같은 가시적 이미지나 물체가 특정 위치나 방향에 있을 때 발생하는 전자기적 특성과 같은 측정 가능한 물리적 현상 등으로 이루어진다. 이러한 패턴의 특성을 이용하면 관찰자나 물체의 위치를 알 수 있다.

마이크로소프트 연구소에서 개발한 RADAR 위치 시스템은 측정 가능한 물리적 현상을 이용한 패턴 분석에 의한 위치인식 시스템의 예로서 건물 내의 여러 위치와 방향에서 무선 전송을 관측함으로써 얻어진 신호 세기의 측정치를 사용한다. 이때 측정된 신호 세기는 건물 내의 특정 위치와 관련이 있다. 따라서 장치의 위치는 측정된 신호 세기를 이용하여 이미 작성된 데이터 테이블에서 검색하면 계산할 수 있다.

3. 위치인식 시스템

현재 연구되고 있는 위치 인식 시스템에는 적외선, 초음파, RFID, UWB, 영상처리 등을 이용한 다양한 시스템이 있다. 각 위치 인식 시스템의 특성을 요약하면 표 1과 같다.

각 시스템마다 서로 다른 환경에서 동작하며 서로 다른 한계점을 내포하고 있다. 예를 들어, GPS 시스템이 가지고 있는 한계점은 실내에서 위성 신호를 검출할 수 없다는 것이다. 또한, RFID 태그 시스템은 여러 개의 태그가 존재할 때 리더가 태그를 제대로 식별할 수 없으므로 충돌을 방지하기 위한 효율적인 충돌방지 알고리즘을 개발하여 적용해야 한다.

III. U-SAT 시스템

본 논문에서 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 3차원 위치 정

보를 제공해주는 시스템으로서 U-SAT 시스템을 채택하였다. 기본적인 위치인식 원리는 다음과 같다.

1. 초음파와 RF

삼변측량 방식에 의해 위치를 측정하기 위해서는 먼저 기준 위치와의 거리가 다수 필요하다. 이러한 거리를 측정하기 위한 가장 보편적인 방법은 RF (Radio Frequency)나 초음파의 전파속도를 이용한 TOF 기법이 있다. 그러나 RF와 초음파의 특성이 표 2와 같이 서로 달라 응용 분야가 달라진다.

보통 실외에서는 RF, 실내에서는 초음파를 사용하는 것이 일반적이며 본 논문에서 사용한 U-SAT 시스템은 초음파를 이용하여 거리를 측정하고, 측정된 다수의 거리를 이용하여 삼변측량 방식에 의해 물체의 위치를 파악하는 시스템이다.

2. U-SAT 시스템의 거리 측정 방식

초음파를 이용한 거리측정은 초음파의 전달속도와 전달시간 정보를 이용한다. 초음파가 공기를 통해 전달되는 시간은 TOF (Time of Flight)라고 하며, 그림 1에서와 같이 발신된 시각 t_1 와 그 신호가 수신된 시각 t_2 의 차이에 의한 값으로 다음과 같이 정의된다.

$$TOF = t_2 - t_1 \tag{1}$$

초음파를 이용하여 측정되는 거리 d 는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$d = c \times TOF + d_0 \tag{2}$$

여기서 d_0 는 송수신부의 진동판 위치오차로 인한 거리 오프셋(offset)을 나타내며, C 는 음파 속력으로 섭씨온도 T 에 대하여 다음과 같이 정의된다.

$$c = 331.5 + 0.60714T \tag{3}$$

이는 초음파의 속도가 온도에 영향을 받아 온도가 높을수록 전파 속도가 빨라진다는 것을 의미한다. 그러므로 초음파를 이용하여 거리를 측정할 경우 온도에 대한 영향도 고려되어야 한다.

거리를 계산하기 위해 반드시 정확한 TOF의 측정이 필요하다. 그러나 초음파 수신기에서 수신된 신호에 포함된 잡음 때문에 t_2 를 정확하게 파악하기가 매우 힘들다. 이를 해결하기 위하여 보통 다음의 두 가지 방식이 사용되고 있다.

표 2. RF와 초음파의 특성.

Table 2. Characteristics of RF & Ultrasonic.

	RF	Ultrasonic
매질의 속도	300,000km/s	340m/s
10cm 분해능을 위한 수신 클럭 속도	3GHz (30cm/1ns)	3KHz (34cm/1ms)
수신기 구조	복잡하고 고비용	간단하고 저비용
네트워크 동기화	어려움	간단함
발신기 크기	소형	비교적 큼
다중경로 및 가시특성	어느 정도 개선 가능함	개선이 매우 어려움
투과성	보통	나쁨

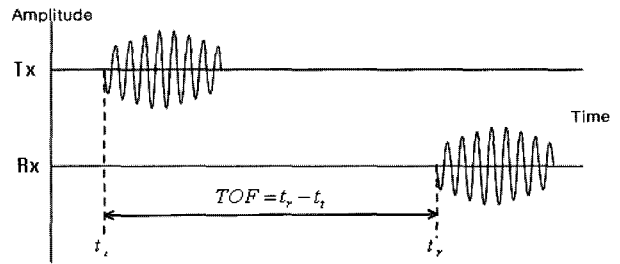


그림 1. TOF의 정의.

Fig. 1. The definition of TOF.

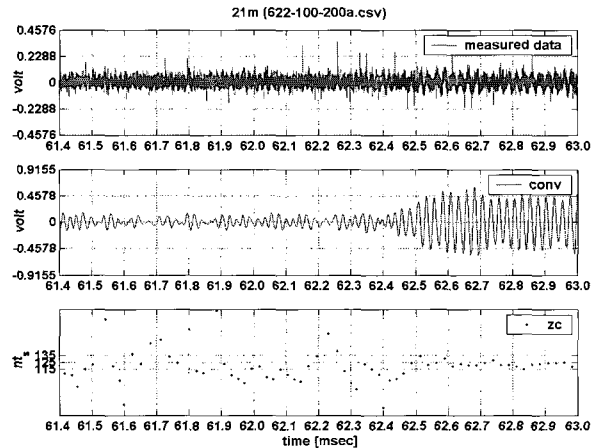


그림 2. 주기인식 방식.

Fig. 2. Period detection type.

첫째로 임계값 인식 방식이다. 기본적인 TOF 측정 방법은 초음파 신호를 송신 후 초음파 수신기가 초음파 신호를 받아서 그 크기가 일정한 임계값(threshold level)을 가질 때까지의 시간으로 TOF를 결정하는 방법이다. 이 방식은 외부 환경의 영향을 많이 받는 단점이 있다.

둘째로 포락선 추정 방식이 있다. 포락선(envelope) 추정에 의한 TOF 검출 방식은 초음파의 수신 신호가 신호의 크기에 관계 없이 일정한 형태의 포락선을 가지는 특성을 이용한 것이다. 이 방식은 수신 신호가 포화되지 않도록 하여 항상 포락선이 얻어지도록 해야 하는 것이 중요하다. 이를 위해서는 발신부 및 수신부의 증폭기 이득(gain)을 가변 구조로 회로를 구성하여 제어하는 기능을 추가해야 한다. 만약 수신 신호가 포화되면 포락선을 얻을 수 없기 때문이다.

본 논문에서 사용된 U-SAT 시스템은 위 두 방식의 문제점을 해결하기 위하여 주기인식 방식을 사용하여 TOF를 계산한다. 보통 발신된 초음파 신호는 TOF의 증가에 따라 진폭은 감소하지만 주기는 변하지 않는 특성을 이용한 것이다. 따라서 수신된 신호의 주기를 판단하여 검출을 하게 되면 진폭의 감소와 무관하여 거리측정 정도를 높일 수 있다.

그림 2의 첫 번째 그래프는 송수신기가 20m 떨어진 거리에서 수신한 초음파 신호이다. 이를 컨볼루션 처리하여 두 번째 그래프에 표현하였으며, 여기에서 주기값만을 표현한 것이 세 번째 그래프이다. 이를 통해 초음파 파형의 시작점을 알 수 있어 그림 1의 t_2 를 정확하게 파악할 수 있다.

3. U-SAT 시스템의 위치인식 방식

U-SAT 시스템은 그림 3과 같이 여러 대의 송신기를 고정된 위치에 배치하고 거기서부터 나오는 초음파 신호를 수신기가 수신하여 각각의 초음파 송신기 간의 거리를 측정하고 이를 이용하여 수신기의 위치를 계산하도록 설계되어 있다.

이는 GPS의 기본 원리와 유사하나 GPS는 위성에서 자신의 출발 신호와 위치 정보를 전송하지만 본 논문에서 사용한 초음파 위치인식 시스템은 RF동기신호로 초음파의 발신 시점을 찾고 초음파 송신기는 알고 있는 위치에 고정되어 있다. 또한 여러 대의 수신기가 존재한다고 하더라도 각각의 수신기가 서로 간섭하지 않고 위치를 독립적으로 구할 수 있기 때문에 여러 물체의 위치를 각각 확인할 수 있다.

그림 4는 RF동기 신호에 의해서 초음파 수신기가 초음파를 수신하는 타이밍 다이어그램을 나타내고 있다. 초음파 수신기는 RF동기신호 수신 시점을 기준으로 초음파 위성에서 발사한 초음파의 TOF를 계산하여 차례대로 4대의 초음파 송신기와 초음파 수신기 간의 거리 d_1, d_2, d_3, d_4 를 측정하여 위치를 계산한다.

4. U-SAT 시스템의 위치인식 성능 비교

본 논문에서는 주기인식 방식을 채택한 U-SAT 시스템을

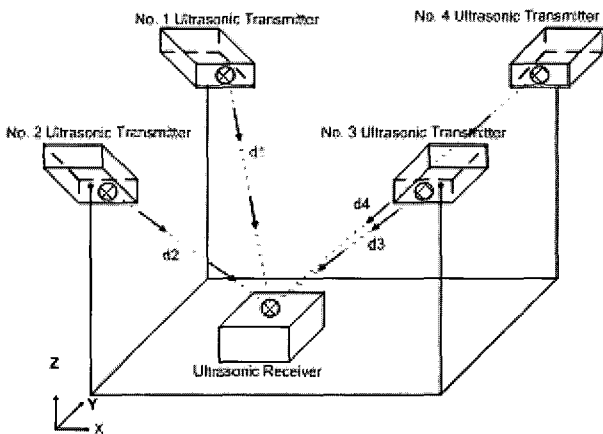


그림 3. U-SAT 시스템의 구성.
Fig. 3. Configuration of U-SAT system.

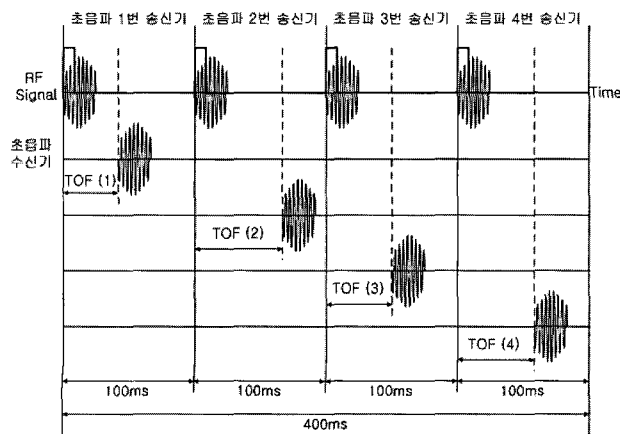


그림 4. 초음파 신호의 타이밍 다이어그램.
Fig. 4. Timing diagram of ultrasonic signal.

표 3. U-SAT 시스템의 거리측정 오차.

Table 3. Error of U-SAT system.

Distance [cm]	Mean error [cm]	STD [cm]
300	0.56	0.07
500	0.41	0.09
1,500	0.56	0.20
2,000	0.67	0.54
2,500	0.53	0.71
3,000	1.46	1.66
Total	0.75	0.44

표 4. MIT cricket 시스템의 거리측정 오차.

Table 4. Error of MIT cricket system.

Distance [cm]	Measured Distance [cm]		Error [cm]
	Average	STD	
30	38.45	8.11	8.45
90	95.13	3.98	5.13
150	155.18	3.49	5.18
300	306.35	3.32	6.35
390	393.92	10.41	3.92
510	510.90	7.90	0.90
600	601.37	2.15	1.37
660	665.81	4.43	5.81
Average			4.64

유비쿼터스 환경의 위치인식 시스템으로 사용하였다. 또한 다른 초음파 위치인식 시스템과의 성능 비교를 위하여 MIT의 cricket 시스템과 비교하였다. 그러나 MIT의 cricket 시스템을 직접 사용할 수 없어 MIT의 cricket 사이트에서 제공하고 있는 데이터를 정리한 표 4를 이용하여 비교하였다. 표 3과 표 4는 U-SAT 시스템의 위치인식 성능이 MIT의 cricket 시스템보다 우수함을 보여준다.

이러한 성능상의 차이는 U-SAT 시스템의 거리측정 방식인 주기인식기법과 관련이 있을 것으로 추정된다.

IV. 유비쿼터스 컴퓨팅에서 U-SAT 시스템의 적용

초음파를 사용한 위치인식 시스템의 경우 초음파, 즉 음파가 갖는 특성 때문에 먼 거리의 전파가 힘들다. 그 이유는 큰 감쇠 때문이다. 이를 보완하기 위해 본 논문에서는 주기인식 방법을 사용하여 인식 거리를 확장한 U-SAT 시스템을 사용하였지만, 이 시스템도 송수신기를 서로 마주하지 않는 상태의 그림 3과 같은 일반적인 환경에서는 신뢰성이 있는 측정거리가 통상 10m에 불과하다. 그러므로 유비쿼터스 컴퓨팅에 적용하기 위해서는 무엇보다도 측정 영역의 확장이 필수적이다. 이를 위해서 이동통신 시스템과 유사하게 기본 셀(cell)을 다수 배치하는 방식을 채택하여 적용 영역을 확장하였다.

기본적으로 초음파 위치인식 시스템의 영역확장은 4개의 초음파 송신기가 설치된 구역이 그림 3과 같이 한 셀을 형성하고 있다고 할 때, U-SAT을 사용한 많은 실험을 통해 가장

적당하다고 생각되는 기본 셀은 크기는 보통 7m x 7m (높이 3m)의 공간에서 신뢰성있는 측정거리 10m가 최대 대각거리인 경우이다. 이를 기준으로 하여 넓은 영역에서 위치인식을 수행해야 할 경우에는 이 기본 셀을 연속하여 배치함으로써 해서 사용 영역을 확장하도록 구성한 것이다.

그러나 이렇게 셀들을 배치하여 영역을 확장할 때의 문제점은 초음파 수신기가 장착된 장치가 어떻게 각각의 셀을 구분할 수 있는가 하는 것이다. 이를 위해 본 논문에서는 셀 매칭 기법을 제안한다.

1. 셀 매칭 기법

일반적으로 인식 영역의 확장은 이동통신 네트워크의 셀 개념과 같이 기본 셀의 연속적인 조합으로 구현한다. 그림 5에서 나타난 바와 같이, 모든 셀의 첫 번째 초음파 신호 송신기인 T_1 은 같은 위치에 고정되어 있으며 동시에 초음파 신호를 발신한다. 이와 같은 방식으로 다른 초음파 송신기들인 ($T_i, i=2, 3, 4$) 도 같은 신호 발신 순서를 갖는다.

대부분의 경우 수신기가 존재하는 특정 셀의 송신기에서 발신하는 신호를 수신기는 제일 먼저 수신할 것이다. 그러나 수신기는 자신이 어느 셀에서 초음파 신호를 수신하였는지는 알 수 없다.

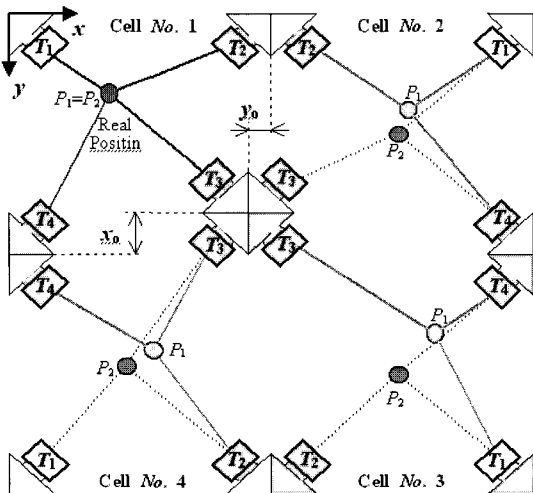


그림 5. 셀 매칭 기법.
Fig. 5. Cell matching method.

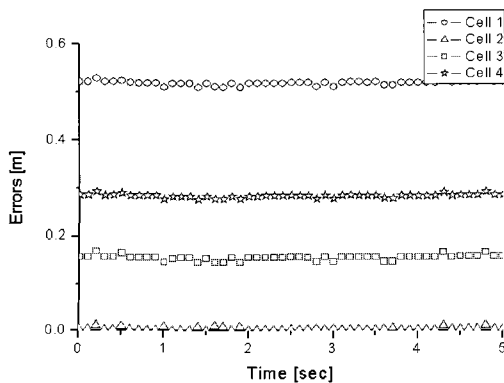


그림 6. 셀 매칭 기법 실험 결과.
Fig. 6. Test results of cell matching method.

셀 번호를 $i (i=1, 2, 3, \& 4)$ 라고 두었을 경우 각 셀에서의 첫 번째 예상 위치를 $\{P_{1i}\}$ 라고 표현할 수 있다. z 좌표의 경우 2차원 평면에서는 고려하지 않아도 되므로 측정된 거리 정보인 d_1, d_2 , 그리고 d_3 를 사용하여 $\{P_{1i}\}$ 를 계산한다. 다음으로 거리 정보인 d_2, d_3 , 그리고 d_4 를 사용하여 계산한 두 번째 예상 위치인 $\{P_{2i}\}$ 를 같은 방식으로 계산한다.

그림 5에서 나타나 있는 바와 같이 한 개의 송신기의 위치가 x_0 와 y_0 만큼 오프셋 되어 설치되어 있다. 즉, 이는 4개의 셀에 대한 기하학적 모양이 서로 다르게 설치되어 있다는 것이다. 그러므로 두 개의 예상 위치인 $\{P_{1i}\}$ 와 $\{P_{2i}\}$ 의 차이 값이 가장 작은 셀이 수신기가 존재하는 곳이 된다.

그림 6은 셀 매칭 기법에 의한 실험 결과를 보여준다. 실제 실험에서는 그림 5의 2번 셀에 물체가 존재할 경우로서 2번 셀에서의 두 개의 예상 위치간의 차이가 다른 셀의 그것들에 비하여 월등히 작은 값을 가짐을 알 수 있다.

그러나 셀간을 이동할 경우에는 정지상태에서 한 위치에서 네 개의 초음파 발신기로부터 거리를 측정하는 것이 아니므로 셀 간의 경계지역에서는 측정이 불가능한 음영지역이 존재한다. 실제 실험상으로도 보행속도(1m/sec이내)에서 신뢰성이 있는 측정을 위해서는 약 50cm 정도의 경계구간이 필요하다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 초음파신호에 셀 ID를 부호화하는 방식이나 다른 매체 예를 들어 RFID와 같은 매크로 위치인식 시스템과 통합하는 하이브리드 방식을 고려해볼 수 있다.

V. U-SAT 시스템의 실제 환경 적용

본 연구에서는 앞에서 제안한 확장 방식으로서 셀 매칭 기법을 사용하여 U-SAT 시스템을 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에 적용시켜 보았다.

실제 U-SAT 시스템이 적용된 사례로는 그림 7에서와 같이 우체국에서 사용된 공공도우미 로봇의 위치인식 솔루션으로 사용된 것이다. 또한 그림 8은 최근 의료 분야에서 유비쿼터스 헬스케어 분야에서 적용된 휠체어에 적용된 모습이다.

이 두 경우에서 살펴본 바와 같이 실제 환경에서도 U-SAT 시스템은 우수한 성능을 보여준다는 것을 입증하였다. 특히 우체국의 공공서비스로봇 적용환경은 가로 약 40미터, 세로 약 10미터의 영역으로 5개의 셀을 배치하여 구현하였다. 이는 일반적인 실내 유비쿼터스 위치인식 환경에서 셀 매칭 기법이 충분히 잘 적용된다는 것을 입증한다.



그림 7. 공공도우미로봇.
Fig. 7. Public service robot.



그림 8. 휠체어로봇.

Fig. 8. Wheelchair robot.

VI. 결론

본 연구에서는 유비쿼터스 컴퓨팅에 필요한 절대 위치를 제공하는 초음파 위치인식 시스템인 U-SAT 시스템의 적용 및 인식 영역 확장 기법에 관한 것이다. 주기 인식 기법에 의해 거리를 파악하여 위치를 계산하는 U-SAT 시스템을 위치인식 시스템으로 채택하여 다양한 실험을 수행했다. 또한 초음파 위치인식 시스템의 인식 영역의 확장을 위하여 셀 매칭 기법을 제안하고 분석하였다.

U-SAT 시스템은 저비용, 높은 갱신을 그리고 높은 위치 정밀도 등으로 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 비교적 저 사양의 이동 컴퓨팅 장비에 적용하기에 적합하다. 또한 실내나 지하와 같이 GPS가 적합하지 못한 영역에서 대체가 가능하다. 그리고 보다 광범위한 사용 영역 확장을 위해서는 초음파 위치인식 시스템과 GPS나 기타 매크로 위치인식 시스템과 결합한 형태의 하이브리드 방식의 경우 실내 및 실외 환경에서 매우 적합한 성능을 발휘할 것으로 생각하며 추후 지속적인 연구가 필요하다고 하겠다.

참고문헌

- [1] S. Hong, M. H. Lee, S. H. Kwon, and H. H. Chun, "A car test for the estimation of GPS/INS alignment errors," *IEEE Trans. Intelligent Transportation Systems*, vol. 5, no. 3, September 2004.
- [2] J. Laneurit, R. Chapuis, and F. Chausse, "Accurate vehicle positioning on a numerical map," *Int. J. of Automation, Control, and Systems*, vol. 3, no. 1 pp. 15-31, March 2005.
- [3] W. S. Wijesoma, K. R. S. Kodagoda, and A. P. Balasuriya, "A laser and a camera for mobile robot navigation," *ICARCV 7th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision*, 2002.
- [4] K.-T. Song and W.-H. Tang, "Environment perception for a mobile robot using double ultrasonic sensors and a CCD camera," *IEEE Trans. Industrial Electronics*, vol. 43, June 1996.
- [5] J. E. Wilhelm, P. C. Pedersen, and S. M. Jacobsen, "The influence of roughness, angle, range, and transducer type on the echo signal from planar interfaces," *IEEE Trans. Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control*, vol. 48, no. 2, March 2001.
- [6] H. W. Wehn and P. R. Belanger, "Ultrasound-based robot position estimation," *IEEE Trans. Robotics and Automation*, vol. 13, no. 5, October 1997.
- [7] J. Hightower and G. Borriello, "Location sensing techniques," *Technical Report UW-CSE-01-07-01*, University of Washington, July 2001.
- [8] J. Krumm, L. Willicams, and G. Smith, "SmartMoveX on a Graph-An inexpensive active badge tracker," *Technical Report MSR-TR-2002-70*, Microsoft Research, Jun 2002.
- [9] A. Ward, A. Jones, and A. Hopper, "A new location technique for the active office," *IEEE Personal Communications*, October 1997.
- [10] A. Harter, A. Hopper, P. Steggles, A. Ward, and P. Webster, "The anatomy of a context-aware application," *Proceedings of the Fifth Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MOBICOM)*, Seattle, Washington, USA, August 1999.
- [11] N. B. Priyantha, A. Chakraborty, and H. Balakrishnan, "The cricket location-support system," *Proc. of the Sixth Annual ACM International Conference on Mobile Computing and Networking (MOBICOM)*, August 2000.
- [12] J. Y. Lee and R. A. Scholtz, "Ranging in a dense multipath environment using an UWB radio link," *IEEE JSAC*, vol. 20, no. 9, December 2002.
- [13] J. Hightower and G. Borriello, "A survey and taxonomy of location systems for ubiquitous computing," *Technical Report UW-CSE 01-08-03*, University of Washington, August 2001.
- [14] R. Want, A. Hopper, V. Falcao, and J. Gibbons, "The active badge location system," *ACM Transactions on Information Systems*, vol. 10, no. 1, January 1992.



이 동 활

1984년 부산대학교 기계공학과 졸업.
1986년 부산대학교 기계공학과 석사.
1999년 부산대학교 정밀기계공학과 박사수료.



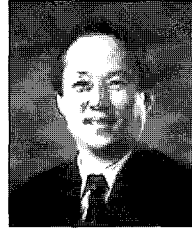
박 종 진

1984년 부산대학교 기계공학과 졸업.
1986년 부산대학교 기계공학과 석사.
1999년 상명대학교 정보통신대학원 석사.
2006년 숭실대학교 컴퓨터학과 박사.



김 수 용

2003년 부산대학교 기계공학과 박사수료.
2005년 부산대학교 대학원 지능기계공학과 석사.
2005년~현재 부산대학교 대학원 지능기계공학과 박사과정.



문 영 성

1983년 연세대학교 전자공학과 졸업.
1986년 캐나다 알버타대학교 전자공학과 석사.
1989년 미국 텍사스대학교 컴퓨터학과 박사.
1994년~현재 숭실대학교 컴퓨터학부 교수.



이 만 형

1969년 부산대학교 기계과 졸업. 1971년 부산대학교 기계과 석사. 1983년 미국 오레곤 주립대학 공학박사. 1984년~현재 부산대학교 기계공학부 교수.