

청각 장애인을 위한 소리 시각화 시스템

김대석¹, 이태화², 이동만³, 박진아⁴, 한민수⁵
한국 정보 통신 대학교^{1 2 3 4 5}
{greatstone¹,medialab,dlee,mshahn,jinah}@icu.ac.kr

An ambient display for hearing impaired people

Daeseok Kim¹, Taewha Lee², Dongman Lee³, Jinah Park⁴, Minsoo Hahn⁵
Information Communication University^{1 2 3 4 5}

요약

청각 장애인은 집에서 발생하는 여러 가지 소리나 가전 제품의 신호를 감지하지 못하므로 생활의 불편을 상당히 느끼고 있다. 이러한 사람들을 위해 소리 정보를 시각 정보로 변경하여, 사용자들의 시야에 보여주는 것을 목적으로 연구를 시작하였다. 본 연구에서는 집이라는 환경에서 사용자의 위치와 오리엔테이션 정보를 습득하여, 사용자에게 필요한 정보를 시야에 들어오는 범위에 방해되거나 불편하지 않게 표시하는 시스템을 제안한다. 프로젝터에 부착된 카메라를 이용하여 사용자를 인식하고, 사용자를 따라다니며 화면을 디스플레이 하는 기존 방법의 단점들을 해결하기 위해 위치 센서로 사람의 위치와 방향을 파악하여 사용자에게 필요한 정보를 사용자가 현재 바라보는 곳에 디스플레이 하는 방법을 제안한다. 3D 모델로 제작된 집의 구조를 이용하여, 프로젝터의 방향과 초점 제어를 사전에 계산하여 보다 정확한 위치에 정보가 디스플레이 되도록 하였다. 본 논문에서 제안하는 방법이 기존의 PDA 나 PC 모니터를 이용해 정보를 제공하는 방법보다 사용자들이 정보를 인지하는 데 걸리는 시간이 좀더 빠르고 이 방법을 선호하기 때문에, 청각 장애인에게 정보를 제공하는 시스템으로 적합하다는 결론을 도출하였다.

Keyword : Ambient display, ubiquitous environment, sound visualization

1. 서론

기술이 발달함에 따라 집안의 가전 제품들이 점점 사람들에게 편리함을 주기 위한 방향으로 발전해가고 있다. 제품들이 수행되는 상태를 스스로 파악하고, 작업이 완료되었거나 사용자가 인지해야 하는 상황이면 알람을 통해 정보를 알려준다. 하지만 가전 제품들이 정보를 사용자에게 제시할 때, 일반인을 대상으로 하기에 소리를 통해 알리는 방법을 크게 벗어나지 못하고 있다. 청각 장애인들에게는 이러한 소리 정보가 인식되기 어려우므로 이들을 위해 소리 정보를 대체할 수 있는 시스템이 요구된다.

청각 장애인에게 소리 정보를 시각화하여 전달

하는 시스템에 대한 여러 연구들이 있어왔다. 이 연구들은 소리 정보를 촉각 [1]을 이용하여 전달하거나, 시각 정보를 효과적으로 제공하기 위해 화면을 구성하는 방법에 대해 중점을 두고 있다 [2, 3]. 정보를 디스플레이 하는 방식은 PC 모니터나 PDA 를 통한 방법이었다. 하지만 이런 방법들은 사용자에게 정보를 자연스럽게 제공하지 못한다. 이런 문제점을 해결하기 위해서 정보가 사용자에게 직접 다가가는 방법들이 제시되었다 [4, 5]. 이 연구들에서는 프로젝터를 이용해 사용자를 따라다니며 정보를 디스플레이 하는 연구가 있었다. 사용자가 바라보고 있는 벽이나 면에 프로젝터가 움직여, 정보를 디스플레이 해주는 방법이다. 하지만 이 방법은 사용자를 인식하는데 시간이 많이 걸릴 수 있고, 또한 사용자가 카메라의 시야에 들어가

야 인식이 가능하다는 점과 중간에 다른 물체가 사용자를 가리면 인식이 힘들다는 단점이 있다.

본 연구에서는 청각장애인을 위해 소리 정보를 시각화해서 보여줄 때, 효과적으로 정보를 제시하는 방법으로 프로젝터가 움직이며 사용자의 시야에 정보를 디스플레이 하는 시스템을 제안한다. 이를 위해 위치 센서로 사람의 위치와 방향을 파악하여 사용자 위치에 가장 근접한 곳에 시각 정보를 디스플레이 한다. 집의 구조를 3D 모델로 제작하여, 프로젝터의 방향과 초점 제어를 사전에 계산하여 정보를 디스플레이 할 곳의 위치에 프로젝터를 옮기는 시간을 줄였다. 또한 이 시스템이 PDA 등 기존의 정보를 제공해 주는 방법에 비해 어떤 장점이 있는 지를 알아 보기 위해 비교 실험을 통해 평가하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 관련 연구들을 언급하고, 3 장에서는 시각화 시스템의 설계에 대해 설명한다. 4 장에서는 시스템의 유용성을 평가하기 위한 실험 및 결과를 보이고, 5 장에서는 결론 및 향후 계획을 제시한다.

2. 관련 연구

청각 장애인에게 소리 정보를 제공하는 여러 연구들이 있었다. Damper[1]는 주위에서 발생한 소리들을 진동으로 사용자에게 알려주는 시스템을 제안하였다. 초인종은 2초 간격으로 1초 동안 진동, 전화벨은 3초 간격으로 2초 동안 진동, 화재경보는 끊임없이 진동을 하는 방법으로 청각 장애인에게 정보를 알려주겠다는 생각이었다. 하지만 이런 방법은 진동에 의해 구분할 수 있는 정보의 수가 상당히 적다는 단점이 있다. 게다가 세부적인 내용은 전달을 하기가 힘들다. F. Wai-ling Ho-Ching[2]은 집에서 발생하는 여러 가지 소리 정보들을 인식하고, 모니터를 통해 디스플레이 하는 시스템을 제안한다. 하지만 모니터라는 디스플레이 장치는 정보를 수동적으로 제공한다는 한계점이 있다. 즉, 사용자가 다른 작업을 하다가도 소리 정보를 보고 싶으면 모니터 앞으로 이동해야 한다는 것이 문제점이었다. 한발 나아가 Tara Matthews[3]는 정보를

제공하는 좀 더 효과적인 화면 구성 요소들을 제안하며, PC Monitor 뿐만 아니라 PDA 를 통한 정보 제시 방법을 제안하였다. 하지만 PDA 를 이용하는 방법은 정보를 사용자에게 능동적으로 제공 가능하지만, 역시 장치를 계속 가지고 다녀야 한다는 문제점을 지니고 있다.

이런 문제점을 해결 하기 위한 방법으로 본 논문에서는 User Following Projector[5]에서 제안하는 방법을 제시한다. 이 연구는 The Everywhere Projector[4]에서 제안하는 프로젝터로 건물 내의 어느 곳이든 화면을 디스플레이 할 수 있는 시스템을 이용하여 사용자를 따라 다니며 화면을 디스플레이 하는 시스템을 제안한다. 이 때, 위 시스템에서는 캠을 이용한 비전 인식을 통해 사람의 위치와 방향을 파악한다. 하지만 비전 인식은 빛이 없는 경우 불가능 하고, 시간이 오래 걸린다는 단점이 있다. 또한 사용자가 캠에서 벗어나거나 다른 물체에 의해 가려져도 위치를 파악할 수 없다는 문제점이 있다. 또한 The Everywhere Projector에서는 프로젝터가 화면을 움직이며 디스플레이 하기 위해, 프로젝터 앞에 거울을 달고 거울을 움직이며 화면의 위치를 바꾸는 방법을 이용하고 있다. 하지만 이 방법은 화면의 왜곡이 심하기 때문에, 보정을 위해서 많은 연산을 수행해야 하는 문제점이 있었다.

3. 시스템 설계 및 구현

3.1 시스템 설계

청각 장애인에게 소리 정보를 시각화 하여 제공해 주기 위해, 프로젝터가 움직이며 사용자의 시선에 정보를 디스플레이 하는 시스템을 설계하였다.

그림 1 과 그림 2 에서 보여지듯이 이 시스템에서는 사용자가 어느 위치에 있는지를 알기 위한 정보가 필요하고, 고개가 향하는 방향에 대한 정보가 필요하다. 프로젝터가 화면을 벽이나 바닥에 디스플레이 하기 위해서 건물의 구조 정보도 필요

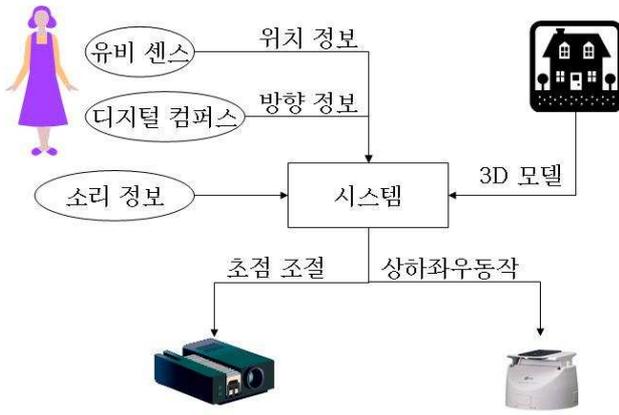


그림 1) System Overview

하다. 이 세가지 정보를 이용하여, 시스템은 화면을 디스플레이할 위치를 결정한다. 그 후 팬 필터에게 프로젝터를 얼마만큼 움직이라는 명령을 하고, 프로젝터의 초점을 조절하는 명령을 내리고, 화면이 왜곡되지 않기 위해 그려줄 이미지를 계산한 후 소리 정보가 발생하면 화면을 디스플레이한다. 이 때, 소리 정보는 건물 내부의 소리들을 인식하고 구분하는 시스템에게서 제공 받는다고 가정하였다.

위치 정보를 얻기 위해서는 UWB 로 위치를 측정하는 Ubisense 시스템[6]을, 방향 정보를 얻기 위해서는 디지털컴퍼스를 사용하여 통신을 통해 시스템에 사용자의 정보를 주기적으로 받아온다. 사용자의 정보를 위해 위의 장치들을 사용한 이유는, 건물의 조명과 물체의 가림에 구애를 받지 않고, 사용자의 위치와 방향정보를 파악할 수 있었기 때문이다. 실제적으로 이것은 비전을 이용한 위치와 방향 정보를 파악하는 시스템의 문제점을 해결할 수 있다.

프로젝터가 사용자의 위치뿐 아니라 바라보는 방향에 의거하여 보다 정확한 위치에 화면을 디스플레이하기 위해서 건물의 내부 구조에 대한 정보를 이용하였다. 그림 3 과 같이 집을 3D 로 모델링한 데이터를 이용하여 Context awareness 서비스를 제공해 주는 Real Word in Virtual Space[7]을 참고하여, 건물의 3D 모델을 구축하고 디스플레이가 가능한 위치를 선정하여 기하학 정보를 사용하였다. 이 정보를 이용하면 프로젝터가 벽을 정면으로 디스플레이 플레이 하지 않고, 기울어져 디스플레이를

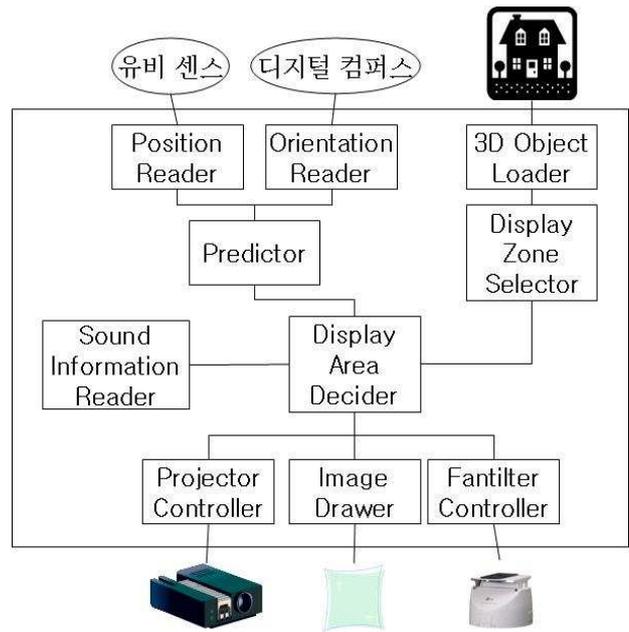


그림 2) System Architecture

할 때 미리 기울어 짐을 계산하여 화면의 왜곡을 방지할 수 있다. 비전을 이용하여 현재 디스플레이 위치의 화면을 인식하고 왜곡을 조정하는 방식도 있지만 시스템에 과부하가 생기고 시간이 많이 걸리기 때문에 정보를 인지할 수 있는 화면이 디스플레이 될 때까지 3D 기하학 정보를 이용한 방법보다 2~3 초의 시간이 더 소요된다.

이렇게 습득한 정보를 이용해 시스템은 화면을 디스플레이 할 위치를 결정한다. 이 때 위치 선정을 할 때는 사용자의 시선의 방향에 위치하도록, 사용자의 시야 내에 들어오도록, 그리고 작업을 하고 있는 대상을 방해하지 않도록 고려 하였다. 즉, 사용자가 TV 를 보고 있을 때, 사용자의 시선은 정확히 TV 를 향하고 있지만 TV 를 피해서 약간 옆이나 위쪽의 벽에 투사하게 된다. 그 위치는 정보의 모양과 크기에 따라서 위가 될지 옆이 될지를 결정한다.

위치 결정이 모두 끝나면 팬 필터에 통신으로 지정된 위치로 이동하라는 명령을 내리고 프로젝터에 초점을 맞추라는 명령을 내린다. 그 후 소리 정보가 발생하면 사용자에게 그 정보를 제시하게 된다. 현재 프로젝터는 320 도의 범위를 돌며 정보를 보여줄 수 있고, 320 도를 모두 움직이는 데 50 초의 시간이 걸린다. 따라서 프로젝터가 움직이는 시간을 줄이기 위해 초기에는 사용자의 정보에 맞

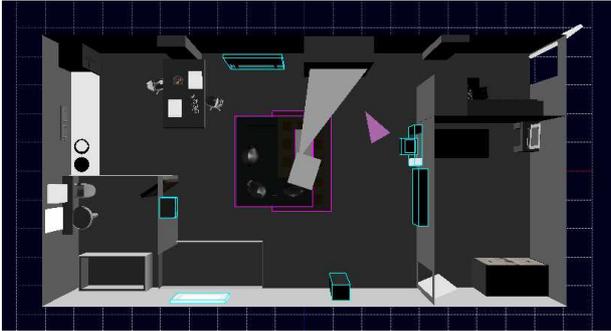


그림 3) 건물 3D 모델

게 지속적으로 프로젝터가 움직이도록 하였으나, 전력과 자원의 소모가 너무 크고, 사용자가 두 명이상일 경우 문제가 발생하였기 때문에 적합하지 않았다. 그래서 대안으로 프로젝터가 160 도의 위치로 초기화 되고, 정보를 제공할 때 움직이도록 설계하였다. 또한 사용자가 한 자리에서 같은 작업을 하고 있을 때에는 정보를 제공한 뒤 초기 위치로 돌아가지 않도록 설계하였다.

3.2 구현

전체적인 프로그램은 C#을 이용하여 구현 되었다. 사용자 위치 정보를 제공하는 서버와 소켓으로 연결하여 정보를 받고, 그 외 하드웨어들(디지털 컴퍼스, 프로젝터, 팬틸터)과는 RS-232 통신으로 명령을 주고 받았다. 3D Object 를 로드하고 처리하기 위해 OpenGL 을 이용하였다.

팬틸터를 이용해 프로젝터를 움직이는 장치는 수평으로 움직이는 동안은 거의 흔들림이 없었으나, 수직으로 움직일 때 다소의 흔들림이 있었다. 프로젝터는 수평방향으로 약 320 도까지 회전이 가능했고, 수직방향으로 44 도의 회전이 가능하다. (팬틸터에 의한 제한) 프로젝터는 약 6.2degree/sec 의 속도로 회전을 하여, 320 도를 회전하는데 50 초의 시간이 걸린다. 그림 4 는 제안된 기법으로 구현된 프로젝터를 보여준다.



그림 4) Ambient display 프로젝터

4. 실험 및 결과

4.1 실험 설계

본 논문에서 제시하는 시스템이 사용자에게 정보를 제공할 때, 실제로 얼마나 유용할 지 평가하기 위해 기존의 PDA 를 이용해 정보를 제공하는 방법과 비교하는 실험을 하였다.

실험 방법은 다음과 같다. 23~31 세의 피실험자 5 명을 대상으로 TV 를 시청하는 도중 임의적인 시간에 정보를 제공하였다. 정보가 제공된 순간부터 그 정보를 인지하는 순간까지의 시간이 얼마나 걸리는지를 측정하였다. 정보는 두 가지 방법으로 제공하였는데, 첫 번째는 프로젝터가 TV 를 보는 사람의 시야 안에 TV 를 가리지 않는 위치에 별다른 알람 없이 정보를 표시하는 방법이었고, 두 번째는 PDA 에 정보가 표시되며 진동으로 알람을 주는 방법이었다. 두 장치 모두 사용자가 보자마자 의미를 이해할 수 있도록 간단한 문장으로 정보를 제공하였다. (예: 세탁이 끝났습니다.) PDA 의 경우 장치를 어떻게 지니고 있어야 하는지가 약간 고민이었는데, 사용자가 TV 를 보는 동안 각자 정보를 제공받기에 편한 방법으로 지니게 하였다.

각 방법은 피실험자가 메시지가 올 것을 예측하지 못하도록 긴 시간 동안(15 분) 임의의 시간에 정보를 세 번 제시하였다. 각 메시지의 간격이 너무 짧진 않고, 2 분 이상이 되도록 설정하였다. 또

한 학습 효과를 줄이기 위해 각 방법마다 시작 전 약 5 분간 두 번의 메시지를 제시하며 연습을 하였다. PDA 진동이 소리로 들리는 것이 실험에 영향을 줄 수 있을 것이라 생각했기 때문에, 실험이 진행되는 동안 청각 장애인과 비슷한 환경을 위하여, 피실험자들은 모두 귀마개를 착용하였다. 참고로 피실험자들이 TV 에 몰입하도록 자막이 제공되는 여러 가지 프로그램을 준비하고 재미있는 것을 골라 시청하도록 하였다.

4.2 실험 결과 및 분석

아래의 표는 실험 결과를 정리한 것이다. 각 데이터는 피실험자들이 정보를 인지하는 데 걸린 시간에 대한 세 번의 평균 시간을 기록한 것이다.

	Ambient display	PDA
Tester1	2.02 초	4.18 초
Tester2	2.78 초	2.94 초
Tester3	3.98 초	1.17 초
Tester4	2.36 초	7.43 초
Tester5	3.39 초	6.08 초
Average	2.91 초	4.36 초

표 1) 실험 결과 테이블

실험이 끝난 후 만족스러운 정보 제시 방법이 무엇이라는 질문에는 Ambient display 를 4 명이, PDA 를 1 명이 응답하였다.

전체 데이터의 평균값을 살펴보면, Ambient display 가 2.91 초, PDA 가 4.36 초로 Ambient display 가 정보를 인지하기 까지 더 짧은 시간이 걸린다는 것을 알 수 있었다. Ambient display 가 정보를 제공했다는 사실을 알아차리기 까지는 PDA 의 진동을 통해 알아차리는 시간보다 길었다. 하지만 Ambient display 는 알아차리는 순간 즉시, 정보를 인지할 수 있었으나, PDA 는 알아차리고 난 뒤 장치를 들어서 정보를 확인하기 까지 시간이 걸렸다. Ambient display 보다 PDA 의 편차가 큰 것도 정보를 확인하는데 걸린 시간 때문이다. 피실험자에게 PDA 를 편하게 가지고 있으라고 한 결과, PDA 를 바로 옆에 내려 놓거나, 주머니에 넣거나, 손에 들고 있는 형태로 지니고 있었기 때문에 인지하는

시간의 차이가 Ambient display 보다 컸다. 옆이나 앞에 내려 놓고 있는 경우, PDA 들어서 정보를 확인하였다. 주머니에 넣은 경우 꺼내서 정보를 확인하였고, 손에 들고 있는 경우 바로 정보를 확인하였다.

피실험자들의 반응을 살펴본 결과, 흥미로운 몇 가지 사실을 알게 되었다. Tester1 은 TV 를 보지 않고, 주로 딴 생각을 하고 있었는데 다른 피실험자들에 비해 Ambient display 의 정보를 빠르게 인지하였다. Tester3 의 경우는 화면을 보고 있는 중에 다른 곳의 정보를 보는 것이 익숙하지 않았다고 응답하였고, 실제로 가장 느리게 정보를 인지하였지만 다른 피실험자들과 큰 차이가 나타나지는 않았다. 또한 Tester3 은 PDA 를 옆에 내려 놓고 있는 경우, 정보가 제공되는 것을 전혀 알아차리지 못했기 때문에 손에 꼭 들고 있었다. 그래서 PDA 의 정보 제공에 가장 빠르게 반응하였다. Tester4 의 PDA 에 대한 반응 시간이 가장 느린 이유는 한 메시지에 대해 한번은 12 초가 지난 후에야 메시지를 확인하였기 때문이었다. 그 이유는 PDA 로 메시지가 온 것을 알았지만, TV 를 더 보고 싶어서 늦게 확인했다고 대답했다. 즉, PDA 를 통한 정보 제공은 TV 를 보는데 약간의 방해가 되었지만, Ambient display 는 눈만 살짝 움직여 정보를 확인하고 TV 를 계속 시청할 수 있었기 때문에 크게 방해가 되지 않고 응답했다. Tester5 의 경우 PDA 를 주머니에 넣고 있었는데, 그 이유는 내려놓으면 진동을 느끼지 못할 것 같았지만, 손에 들고 있기는 불편했기 때문이었다. 이와 같은 결과를 살펴볼 때, Ambient display 로 불이나 가스 누출 등의 응급 메시지를 전달할 때, PDA 보다 더 효과적인 정보 제공이 가능하다는 것을 알 수 있었다.

시각정보를 빠른 시간에 전달하고자 초기에는 프로젝터를 여러 대 설치하여 정보를 디스플레이 하려고 하였지만, 그것들로 건물을 모두 덮기도 힘들었고, 자원의 낭비가 컸기 때문에 팬틸터를 이용해 프로젝터를 직접 돌리는 방법을 선택하였다. 또한 굳이 프로젝터를 이용한 정보의 제시가 아니라 LED 배열이나 레이저를 이용한 디스플레이를

고려해 보았다. 프로젝터는 상당히 무게와 크기가 크기 때문에 어려움이 있을 것이라는 생각에 다른 장치를 찾아보았지만, LED 나 레이저를 이용한 디스플레이는 표시할 수 있는 정보의 양에 있어서 제한이 컸고, 단색밖에는 쓰지 못한 다는 단점이 있었다.

5. 결론 및 향후 계획

본 논문에서는 청각 장애인을 위해 건물 내의 소리를 시각화한 정보를 효과적으로 제시하는 시스템을 제안 하였다. 이 시스템은 사용자의 눈앞에 정보가 바로 디스플레이 되기 때문에 사용자가 그 정보를 보고 이해하는데 까지 걸리는 시간이 상당히 짧다는 장점을 가지고 있다. 더욱이 이 시스템은 사용자가 다른 작업을 하는데 있어서 크게 방해를 하지 않고, 정보를 제공해 줄 수가 있다. 따라서 이 시스템은 청각 장애인에게 소리 정보를 시각화 하여 제공하는 유용한 방법임을 알 수 있다.

본 논문에서는 제안하는 시스템을 평가하기 위해 사용자가 정보를 인지하기까지의 시간을 측정하는 실험을 하였는데 이 실험은 TV 를 보는 작업, 즉 시야가 비교적 넓은 상태에서 이루어졌다. 따라서 시야가 좁은 작업, 예를 들어 책을 보거나, 노트북을 이용하는 등의 작업을 할 때는 사용자가 정보를 재빠르게 인지할 것인지는 알 수가 없다. 추후에는 이 실험을 수행할 예정이다.

또한 본 논문에서는 주로 사용자에게 시각 정보를 제시하는 방법에 대해서 논의하였으나, 좀 더 효과적으로 정보를 제시하기 위해서는 정보의 구성과 표현 방법들을 고려할 필요가 있다. 단순히 텍스트를 통한 정보 제시가 아니라, 여러 가지 표현과 구성으로 정보의 내용을 좀 더 효과적으로 전달하는 방법을 연구할 것이다.

6. 참고 문헌

- [1] Damper, R.I.; Evans, M.D. ,“A multifunction domestic alert system for the deaf-blind”, Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on Volume 3, Issue 4, Dec 1995 Page(s):354 - 359
- [2] F. Wai-ling Ho-Ching, Jennifer Mankoff, James A. Landay ,“Can you see what I hear? The Design and Evaluation of a Peripheral Sound Display for the Deaf”, CHI 2003, April 5–10, 2003, Ft. Lauderdale, Florida, USA.
- [3] Tara Matthews, Janette Fong and Jennifer Mankoff, “Visualizing Non-Speech Sounds for the Deaf”, ASSETS’05, October 9–12, 2005, Baltimore, Maryland, USA.
- [4] Claudio Pinhanez, “The Everywhere Displays Projector: A Device to Create Ubiquitous Graphical Interfaces”, Proc. of Ubiquitous Computing 2001 (UbiComp’01), Atlanta, Georgia, September 2001
- [5] Gopal Pingali, Claudio Pinhanez, Tony Levas, Rick Kjeldsen, Mark Podlaseck, “User-Following Displays”, Proc. of the IEEE International Conference on Multimedia and Expo 2002 (ICME’02), Lausanne, (Switzerland) , August 26-29 2002
- [6] <http://www.ubisense.net/>
- [7] Jinah Park, Sekil Park, Hyung-Jin Kim, Jinah Kim, "Real Word in Virtual Space: Utilizing 3D Graphics for Geometry-Aware Services in Ubiquitous Computing Environment", 13th International Conference of Women Engineers and Scientists (ICWES13), Seoul, Korea, August 2005.