

인터랙티브 TV를 위한 새로운 초음파센서 지시 장치

손미숙0 이기혁

한국정보통신대학원대학교 공학부

(mssohn0, geehyuk)@icu.ac.kr

A new ultrasonic pointing device for an interactive TV

Misook Sohn0 Geehyuk Lee

Dept. of Engineering, Information & Communications University

ABSTRACT

재래의 TV의 경우 채널변경, 볼륨조절 등의 비교적 간단한 조작만이 필요했던 반면 앞으로 보편화될 인터랙티브 TV는 부가기능의 다양화로 좀더 복잡한 인터랙션을 요구한다. 인터랙티브 TV조작에 사용되는 기술은 트랙볼이나 조이스틱 같은 포인팅 디바이스를 리모콘에 부착하는 방법, 키보드를 이용한 입력, 팜탑 컴퓨터, 음성입력 등 다양한 방법이 있다. 본 논문에서는 초음파센서를 이용한 새로운 입력장치인 소나펜(SonarPen)에 대해 소개하고자 한다.

1. INTRODUCTION

인터랙티브 TV는 기존의 TV보다 더 다양한 기능을 제공하고 복잡한 사용자 동작을 요구한다. 지금까지 대부분의 TV 사용자 인터페이스는 TV에서 사용하던 조작 장치에 PC와 같은 GUI 스타일의 상호작용 방식을 적용시키는 형태로 발전되어 왔다. 따라서 트랙볼이나 조이스틱, 자이로스코프를 이용한 TV 입력 장치의 경우 움직임 좌표가 절대적인 것이 아니라 상대적이기 때문에 타겟의 정확한 선택이 어렵다는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 초음파센서를 이용한 새로운 절대좌표 지시 장치에 대해 소개한다. 초음파센서를 지시장치에 사용하면 드물지만 거리측정에는 오랫동안 사용되어져 왔다. 초음파센서를 이용한 위치 측정은 크게 2가지로 초음파가 반사되어 돌아오는 시간을 측정하는 방법(pulse-echo method)과 송신파와 수신파의 위상차를 이용하는 방법(continuous-wave method)이 있다 [1] [2]. 본 논문에서는 초음파센서 배열사이의 위상차(phase difference)를 이용해 지시장치의 위치를 파악하여 화면상의 포인트를 조작하는 방법을 사용하였다.

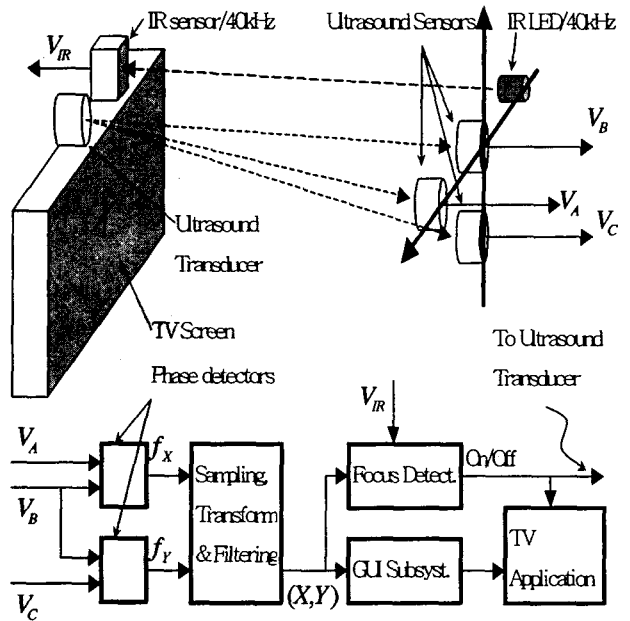


그림 1. 소나펜의 기본 동작 원리

2. OPERATING PRINCIPLE

본 논문에서 구현한 초음파 지시장치인 소나펜(SonarPen)시스템의 구성은 그림 1에 묘사되어 있다. TV 화면위에는 초음파 트랜스듀서와 적외선 감지기가 있으며 지시장치인 소나펜은 상하, 좌우 직각으로 배치된 3개의 초음파센서와 포토다이오드로 구성된다. 상하,

좌우로 배치된 초음파센서에 도착하는 신호는 위상차 검출 회로를 거친 후 스크린 좌표로 변환된다. 지시장치에 부착된 포토다이오드는 일정 각도 내에서만 적외선을 발산하는 지향성을 가지고 있다.

그림 1에 묘사된 소나펜의 기본 동작 원리는 다음과 같다. 소나펜을 TV화면을 향해 겨냥할 경우 소나펜의 포토다이오드에서 발산된 적외선을 화면위의 놓여진 적외선 디텍터가 감지하여 현재 소나펜이 TV 화면을 향하고 있는지 아닌지를 알 수 있다. 소나펜이 TV를 향하고 있

다고 판단되면 TV 화면위의 트랜스듀서에서 40kHz의 초음파를 발산한다. 지시 장치인 소나펜에 부착된 초음파센서 배열은 트랜스듀서가 보내는 초음파 신호를 감지하게 된다. 상하, 좌우로 배치된 초음파센서에 도달한 신호의 위상차를 이용하여 지시장치의 상하, 좌우의 기울어진 정도를 알 수 있고 기울어진 정도에 비례해 화면상의 커서를 조작하게 된다.

위상차 검출 회로는 상하 신호(V_B, V_C)와 좌우 신호(V_A, V_B)를 입력으로 하여 상하, 좌우 위상차 f_x, f_y 를 계산한다. 그림 2에 묘사된 것처럼 소나펜이 트랜스듀서를 향해 X, Y축으로 기울어진 정도인 f_x, f_y 는 다음 식으로 계산된다.

$$f_x = \frac{2pd}{l} \sin q_x$$

$$f_y = \frac{2pd}{l} \sin q_y$$

이때 d 는 초음파센서간의 거리차이며 l 는 초음파센서의 파장이다. 위상차 f_x, f_y 값은 Sampling, Transformation, Filtering 과정을 거쳐 스크린 좌표 (X, Y)로 변환된다. 스크린 좌표 (X, Y)와 소나펜의 기울어진 각도와와의 관계는 다음과 같다.

$$(X, Y) = a(f_x, f_y) \approx \frac{2pda}{l}(q_x, q_y)$$

이때 a 는 gain factor이다.

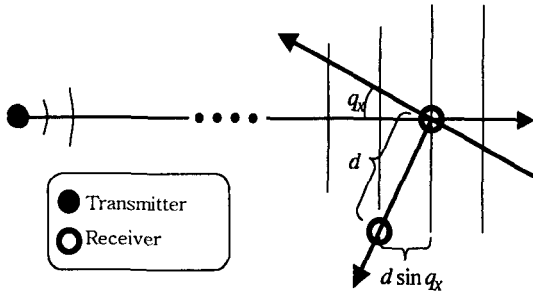


그림 2. 위상차 f_x 와 소나펜의 기울기 q_x 와의 관계

3. PHASE AMBIGUITY

초음파센서간의 위상차를 이용해서 위치 측정을 할 경우 위상차가 한 파장 이상일 경우 위상차가 같아지는 단점

(phase ambiguity)이 있다. 소나펜을 정확히 정면을 겨냥할 경우 센서간 위상차는 0이 된다. 그림 3에서 소나펜을 좌우로 움직일 경우 좌우로 기울어진 각도를 f_x 라고 할 때 기울어진 정도에 따라서 좌우센서간의 위상차가 증가하게 된다. 그런데, 위상차가 한 파장 π 를 넘으면 $-\pi$ 로 점프하게 된다. 즉 소나펜은 정면을 향하고 있을 경우와 2π 만큼의 위상차에 해당하는 각도만큼 기울어져 있는 경우를 구분하지 못하는 모호성을 가지고 있다.

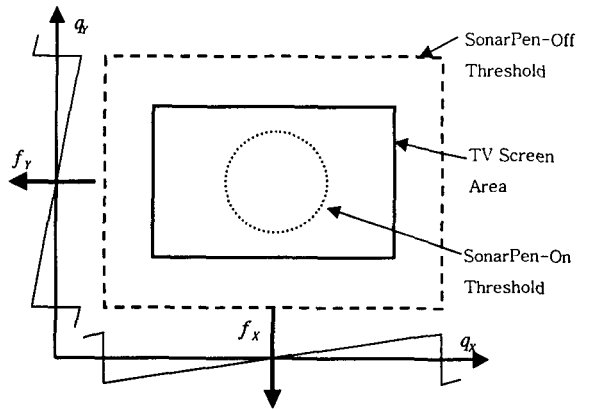


그림 3. 위상차 모호성을 극복하기 위한 방법

소나펜 시스템에서는 위상차 모호성을 극복하기 위해 그림 1에 묘사된 것처럼 스크린위에 놓여진 적외선 디텍터와 소나펜의 포토다이오드를 이용해 한 파장 범위내의 위상차만을 검출하는 방법을 사용하였다.

그림 3의 점선으로 표시된 등근 영역은 포토다이오드의 지향성을 나타내는 영역이며 소나펜은 처음 Inactive 상태로 초기화 되어 있다. 소나펜을 화면을 향해 겨냥하여 등근 영역내로 적외선을 발산하면 스크린 위에 놓여진 적외선 디텍터가 이를 인식하게 되고 트랜스듀서가 작동하여 초음파를 발산하게 되면서 소나펜은 Active 상태로 된다. 그림 4에서 보듯이 소나펜이 Active 상태일 경우 위상차 신호를 받아들여 소나펜의 기울임 정도에 따라 스크린 좌표를 조작하게 된다. Active 상태에서는 적외선 신호가 사라진 후에도 계속 Active 상태로 남아 있어 스크린 좌표를 조작할 수 있으며 Active인 상태에서 위상차 신호에 2π 점프가 발견되면 Inactive 상태로 되고 트랜스듀서가 꺼지면서 더 이상 위상차 신호를 받아들이지 않게 됨으로써 위상차 모호성을 극복하게 된다.

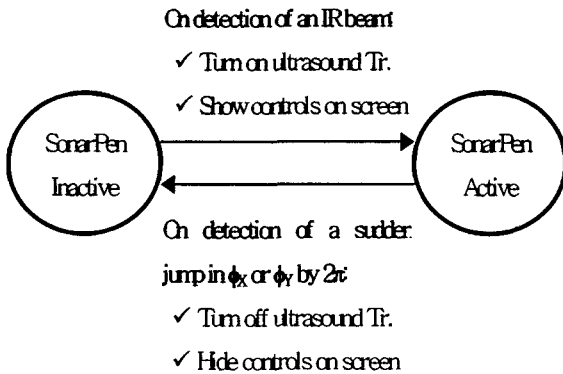


그림 4. 소나펜의 Active상태와 Inactive상태의 전이

5. USABILITY TEST

소나펜의 유용성을 테스트하기 위한 TV 플레이어 프로그램은 그림 5와 같은 형태로 만들었다. TV 메뉴 컨트롤은 채널 노브, 볼륨 노브, 화질 노브로 구성되며 소나펜을 켜진 상태에서 마치 노브를 돌리는 것과 같은 제스처어를 취함으로써 채널, 볼륨, 화질을 조절할 수 있게 만들었다.

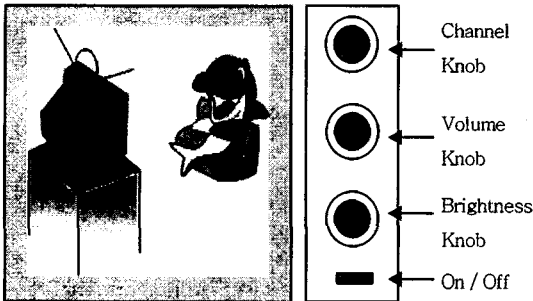


그림 5. 소나펜의 유용성을 테스트하기 위한 TV GUI

6. FUTURE WORKS

소나펜은 트랙볼이나 조이스틱 장치 같이 좌표의 상대적인 변형 과정(transform process) 없이 직접적인 프리 포인팅이 가능한 새로운 입력 장치이다. 소나펜의 유용성을 알아보기 위해 소나펜의 특성을 잘 반영할 수 있는 사용자 인터페이스 개발이 추후 진행될 예정이며 기존의 입력 장치와의 비교 테스트가 이루어질 예정이다. 테스

트의 내용은 컴퓨터 지시 장치의 전통적인 평가 방법인 Fitts' Law(ISO9241-9)와 Trajectory-Based Tasks[4] 및 Movement Variability Test[5] 로 구성될 예정이다. 비교 테스트 결과에 대한 내용은 추후 다른 논문에서 언급될 것이다.

7. ACKNOWLEDGEMENT

본 연구는 한국정보통신대학교 디지털미디어연구소의 정보통신연구개발사업의 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

8. REFERENCES

- [1] N. Nonaka, T. Da-te, "Ultrasonic position measurement and its applications to human interface", IEEE Transactions on Instruments and Measurements, Vol. 44, 1995.
- [2] F. Figueroa and E. Barbieri, "An ultrasonic ranging system for structural vibration measurements", IEEE Transactions on Instrument and Measurements, Vol. 40, 1991.
- [3] I.S. MacKenzie, S. Jusoh, "An evaluation of two input devices for remote pointing", EHCI , p235-249, 2001.
- [4] J. Accot, S.Zhai, "Beyond Fitts' Law : Models for trajectory-based HCI tasks", CHI 1997, p295-302
- [5] I.S. MacKenzie, T. Kauppinen and M. Silfverberg, "Accuracy measures for evaluating computer pointing devices", CHI 2001, p9-16. 2001