

논문 2008-45SP-4-10

앰비언트 디스플레이 위치추적 시스템의 데이터 손실에 대한 선형 예측 알고리즘 적용 및 분석

(Performance and Analysis of Linear Prediction Algorithm for Robust
Localization System)

김주연*, 윤기훈**, 김건욱***, 김대희****, 박수준****

(Joo Youn Kim, Gi Hun Yun, Keon Wook Kim, Dae Hee Kim, and Soo Jun Park)

요약

본 논문에서는 초음파 센서를 이용하여 고령자를 위한 앰비언트 디스플레이 시스템을 제안하고, 시스템의 신뢰도를 높이기 위해서 선형 예측 알고리즘을 적용하였다. 본 논문에서는 시스템의 사용자를 고령자로 제안하여 일반인에 비해 느린 움직임으로 가정하였고, 얻어진 데이터가 모두 극점인 데이터의 특성상 AR(Autoregressive) 모델을 사용하여 Yule-Walker 방식의 선형 예측 알고리즘을 적용하였다. 선형 예측 알고리즘을 적용하기 위해서는 적절한 참조 데이터와 차수의 결정이 요구된다. 본 논문에서는 데이터의 특성과 평균 에러, 계산량을 고려하여 50개의 참조데이터를 이용한 16차의 시스템을 통해서 앰비언트 디스플레이 시스템의 신뢰도를 평균 74.39%, 최대 97.97% 정도 높일 수 있음을 확인하였다.

Abstract

This paper suggests the robust localization system in the application of ambient display with multiple ultrasonic range sensors. The ambient display provides the interactive image and video to improve the quality of life, especially for low mobility elders. Due to the limitation of indoor localization, this paper employs linear prediction algorithm to recover the missing information based on AR(Autoregressive) model by using Yule-Walker method. Numerous speculations from prediction error and computation load are considered to decide the optimal length of referred data and order. The results of these analyses demonstrate that the linear prediction algorithm with the 16th order and 50 reference data can improve reliability of the system in average 74.39% up to 97.97% to meet the performance of interactive system.

Keywords : Indoor Localization, Ambient Display, Linear Prediction Algorithm, Yule-Walker Method

I. 서론

사회적 변화의 추세에 맞춰 현 시대의 연구 방향은 고령자 및 장애자의 불편 해소와 생활 편의를 도모할

수 있는 유비쿼터스 환경 구축에 초점이 맞춰지고 있다. 통계청의 2006년 조사에 따르면 2005년 65세 이상 인구의 비율이 9.5%로서, 지난 2000년 이후로 고령화가 심화되고 있는 추세로 나타난다.^[1] 그러므로 노인을 위한 시스템 개발의 필요성은 계속해서 증대되고 있다. 이러한 시스템은 사용자의 주의를 지나치게 집중시키지 않으면서 보다 편안하게 사용자와 상호작용이 가능하고 컴퓨터가 자연스럽게 인간의 의도를 이해하여 반응할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 고령자 생활의 질을 높이기 위한 시스템으로 앰비언트 디스플레이를 사용하였다. 앰비언트 디스플레이는 고령자의 상황에 맞게 가족 사진이나 약복용에 대한 정보를 제공해 줌으로써 보다 행복한 삶을 살 수 있도록 도와주는 시스템이다. 사용

* 정회원, ** 학생회원, *** 평생회원, 동국대학교 전자공학과

(Department of Electronics Engineering, Dongguk University)

**** 정회원, 한국전자통신연구원

(Electronics and Telecommunications Research Institute)

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT 신성장동력핵심기술개발 사업의 일환으로 수행되었습니다.

접수일자: 2008년2월27일, 수정완료일: 2008년4월24일

자의 위치와 상황에 맞는 편의를 자연스럽게 제공함으로써 고령자에게 고독감을 해소시켜주고 항상 가족과 함께 연결되어 있다는 심리적 안정을 가져다 주는 역할을 한다. 그렇게 때문에 정확한 사용자의 위치나 상황에 대한 정보가 필수적으로 요구된다. 하지만 위와 같은 시스템은 여러 환경적 요인과 하드웨어의 특성에 따라 인간행동에 대한 연속적이고 신뢰할 수 있는 데이터 수집에 어려움을 가지고 있다. 따라서 인간의 연속적인 위치를 정확하게 인식하는 것이 중요한 문제점이다.

이러한 문제점을 극복하기 위해 본 논문에서는 ToF (Time of Flight)를 적용한 초음파 시스템을 구축하고 선형 예측(Linear Prediction) 알고리즘을 적용하여 하드웨어의 특성에 따른 한계를 극복하는 시스템을 제안한다. 본 논문에서 제안하고 있는 시스템은 초음파 전달 상황에 의해 발생한 오류를 그 전 데이터를 기반으로 보다 낮은 오류 확률로 인간 행동을 예측하는 알고리즘 적용에 초점을 맞추고 있다. 선형 예측(Linear Prediction) 알고리즘은 이전 값을 기준으로 현재 값을 예측하는 수학적 방식으로 여러 분야에서 활용되고 있다.

논문의 구성은 다음과 같다. II장과 III장에서는 관련 연구와 시스템의 적용 환경에 대한 설명을 하고 IV장에서는 인간의 행동 특성과 오류 예측을 위한 선형 예측 알고리즘에 대하여 소개한다. 위치 추적 시스템을 이용한 실험 결과에 대한 분석은 V장에서 기술하고 마지막 장에서는 결론을 서술하고 향후 과제를 제안한다.

II. 관련 연구

대상체의 위치를 찾아 이를 기록하고 보고할 수 있는 위치 인식 기술은 오래 전부터 여러 가지 시스템들이 언급해 왔으며 각 기술마다 서로 다른 문제 해결능력을 가지고 각각 다른 서비스를 지원하고 있다.

실내 위치 인식 시스템에는 적외선 셀룰러 근접 방식의 Active Bedge^[2], 초음파 이동시간을 이용한 거리측정 시스템인 Active Bat^[3], 근접방식의 RFID^[4], 802.11 RF 장면분석 및 삼각측량을 이용하는 RADAR^[5] 그리고 비전 및 삼각측량법을 사용한 EasyLiving^[6] 시스템 등이 있다. 이 시스템들은 각각 상황에 따라 적절하게 적외선, 초음파, RFID, UWB, 신호 세기 등을 선택하여 구현할 수 있다. 또한 시스템의 신뢰도를 높이기 위한 예측 알고리즘 적용에 대한 연구가 지속적으로 진행되고 있다. 그 중의 하나로 차량의 속도를 예측하기 위해

서 이전의 움직임 영상 프레임을 기반으로 Adaptive Window Prediction 알고리즘을 이용하였고^[7], 움직이는 위성 통신 시스템에서 도플러 효과를 이용한 Adaptive Compensation Method를 적용하여 시스템을 예측하기도 하였다^[8].

특히 위치인식 능력을 기반으로 한 시스템은 이용자가 자유롭게 서비스를 이용하고 생활의 질을 향상시키기 위해서 보이지 않게 일상생활을 지원할 것이기에 시스템 신뢰도를 높일 수 있는 지속적인 연구가 요구된다.

III. 시스템 적용 환경

본 논문에서 제안하고 있는 시스템은 사용자, 특히 고령자에게 앰비언트 디스플레이를 제공하기 위한 목적을 가지고 있다.

시스템은 위에서 설명한 것과 같이 사용자와 상호작용이 가능해야 하는 특성을 가진 시스템이기 때문에 정확한 사용자의 위치 인식이 가장 중요하고 기본적인 기능이다.

사용자의 위치를 파악하기 위해서 이 시스템에서는 40KHz의 초음파센서를 사용하였다. 초음파는 일반적인 실내 온도인 20°C에서 방향성을 가지고 343.5m/s의 속도로 발신부에서 수신부로 전달되기 때문에 속도와 도달 시간을 이용하여 거리와 각도를 구할 수 있다^[9].

본 논문에서 사용한 시스템에서는 그림 1에서와 같이 수신부에서부터 거리는 6m, 각도는 -40°부터 +40°까지의 범위 안에서 사용자의 위치 추적이 가능하다.

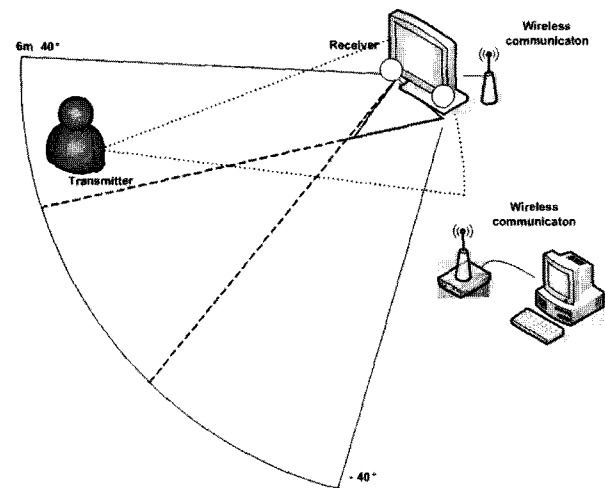


그림 1. 시스템 수신부와 발신부의 전송 범위
Fig. 1. The range of receiver and transmitter.

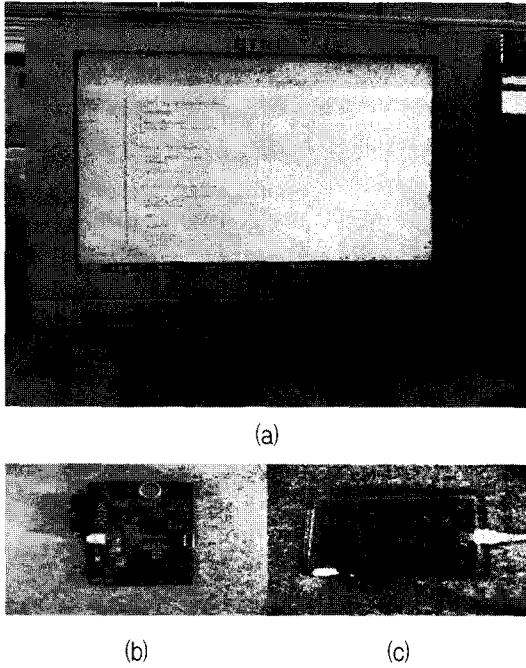


그림 2. 실제 시스템 사진 (a) 엠비언트 디스플레이, (b) 발신부, (c) 게이트웨이

Fig. 2. Prototype system.

(a) ambient display, (b) transmitter, (c) gateway

그림 2는 엠비언트 디스플레이와 발신부, 게이트 웨이의 실제 모습이다. 사용자는 그림 2(b)의 초음파 발신부를 소지하게 되고 그림 2(c)의 게이트웨이를 통해서 RF(Radio Frequency)를 사용하여 전체 시스템의 동기화가 이루어진다. 그림 2(a)의 엠비언트 디스플레이는 발신부에서 송신된 초음파 신호가 일정한 거리를 두고 떨어져 있는 2개의 수신 초음파 센서에 도달하는 시간 차이를 기반으로 하는 ToF(Time of Flight) 알고리즘을 이용하여 사용자의 위치에 맞는 영상을 보여준다. TOF 기반의 알고리즘은 신호의 도달하는 시간차이를 이용하기 때문에 각 센서들이 RF(Radio Frequency)에 의한 동기화 과정이 필요하다. 또한 RF신호의 무선 패킷에 발신부 ID를 부여함으로써 여러명의 사용자가 함께 있어도 구별이 가능한 장점을 가진다. 초음파는 일정한 속도로 전달되기 때문에 삼각함수를 이용하여 엠비언트 디스플레이를 기준으로 하는 거리와 각도를 계산할 수 있다.

IV. 행동 예측을 위한 선형 예측 알고리즘

1. 인간의 행동 패턴

일반적으로 오랜 시간 동안 인간의 움직임을 관찰했을 때, 인간의 행동 패턴은 전반적으로 비선형적 특성을

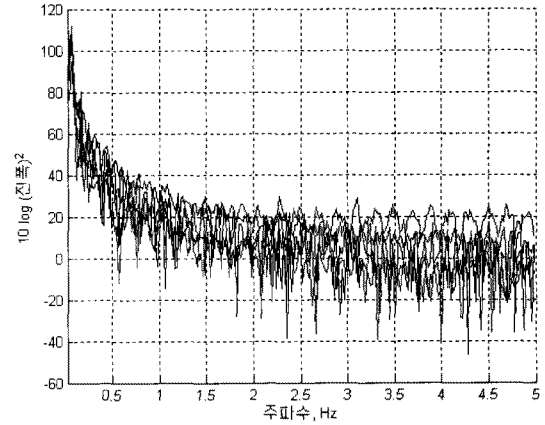


그림 3. 50초 동안의 인간 행동 스펙트럼 (거리)
Fig. 3. Human's motion spectrum for 50 seconds (distance).

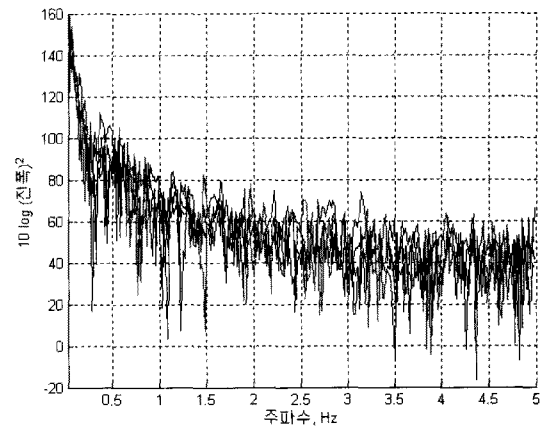


그림 4. 50초 동안의 인간 행동 스펙트럼 (각도)
Fig. 4. Human's motion spectrum for 50 seconds (angle).

을 가지고 있다. 그러나 수 초 간의 짧은 시간동안 관찰되는 연속적인 움직임은 변화에 큰 편차가 없는 선형성을 나타낸다. 본 논문에서 데이터의 예측을 위해 사용한 선형 예측 알고리즘은 이전 값을 참조하여 얻어낸 선형함수를 이용, 원하는 신호성분의 미래 값을 예측하는 방법이다.

그림 3과 그림 4는 각각 거리와 각도에 대한 50초 동안의 인간 행동 데이터를 10Hz의 샘플링 속도로 다수 수집한 데이터들의 스펙트럼 그래프이다. 그래프에서 알 수 있듯이 실제로 50초간 수집된 인간의 연속적인 행동은 갑작스러운 변화가 없이 특정한 패턴을 갖는 저주파 성분으로 이루어져 있다. 그림 3과 그림 4에서 나타내는 그래프는 여러 번의 실험 결과이지만 일정한 패턴을 유지하고 있으며 커다란 진폭 변화가 없는 것으로 미루어 보아 이전의 움직임과 다음움직임의 형태에 큰

변화가 없다는 것을 확인할 수 있었다. 그러므로 선형 예측 알고리즘을 적용하여 미래 값을 예측하는 것이 가능하다. 이는 본 논문에서 사용하고 있는 엠비언트 디스플레이의 사용자, 즉 고령자의 갑작스러운 변화가 없는 저주파적인 움직임 특성과 짧은 시간동안이라는 제한적인 예측 데이터 특성상 적합한 알고리즘이다.

엠비언트 디스플레이에 선형 예측 알고리즘의 적용은 기계적인 시스템의 특성상 발생하는 오류와 주변 환경으로 인해 발생하는 데이터 손실에 대해서 보다 신뢰성 있는 시스템 구현이 가능함을 의미한다.

2. 선형 예측 알고리즘

선형 예측 알고리즘은 시스템 입력신호의 과거 및 현재 값과 출력신호의 과거 값들의 유한개 선형조합으로 원하는 미래의 값을 예측하는 수학적인 방식이다. 이 예측 모델의 일반적인 표현은 식(1)과 같다.

$$\hat{y}(k) = \sum_{i=1}^p a_i y(k-i) + \sum_{i=0}^q b_i x(k-i) \quad (1)$$

식(1)에서 $x(k)$ 은 입력값, $y(k-1), y(k-2), \dots, y(k-p)$ 는 이전 출력 값을 나타내고 $\hat{y}(k)$ 과 a_i, b_i 는 각각 예측한 출력 값과 시스템 계수들이다.^[10]

그림 5는 선형 예측 알고리즘에 대한 블록다이어그램이다. 선형 예측 알고리즘의 기본적인 개념은 이전의 데이터들의 상관관계를 파악하여 미지의 값을 예측해 내는 것이다. 식 (1)의 선형 예측 알고리즘은 이전의 출력과 현재의 입력으로 현재의 출력을 예측하는 AR (Autoregressive)모델과 오직 입력 값만으로 출력값을 예측하는 방식인 MA(Moving Average)모델, 위의 2가지 방식을 모두 사용하는 ARMA (Autoregressive Moving Average)모델로 나뉠 수 있다.

선형 예측 알고리즘의 AR, MA, ARMA 모델은 예측하고자 하는 신호의 특성에 따라 선택할 수 있다. 본 논문에서는 AR 모델을 사용하였는데 AR 모델은 모두 극

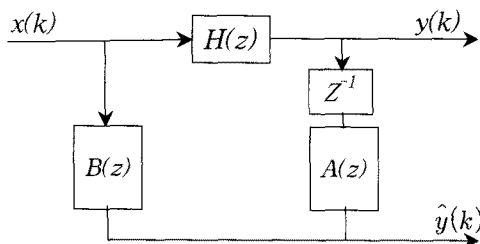


그림 5. 선형 예측 알고리즘 다이어그램
Fig. 5. Linear prediction algorithm diagram.

점인 신호의 특성을 가지고 있고, 과거 출력의 피드백에 의하여 현재의 출력이 결정되는 방법으로 응용 프로그램에서 많이 사용되고 있다. AR모델을 적용하는 신호의 특징은 스펙트럼에서 좁은 피크 값을 갖는 것이다. 본 논문에서 사용하는 인간의 움직임 신호 역시 좁은 피크 값을 갖는 스펙트럼 특성을 보임을 그림 3과 4에서 확인 하였으므로 AR모델을 기반으로 인간의 움직임을 예측하는 시스템 구현이 타당하다.

AR 모델 시스템은 식(2)의 관계로 표현된다.

$$r(0) + \sum_{i=1}^n a_i r(-i) = \sigma^2 \quad (2)$$

여기에서 $r(k)$ 는 자기 상관함수를 나타내고 a_i 는 시스템 계수, n 은 차수, σ^2 는 분산을 의미한다. 자기 상관함수를 구하기 위해서는 무한개의 데이터를 이용해야 하지만 실제로는 일정한 구간의 상관함수로 가정하여 계산한다. 이는 자기 상관 함수 $r(k)$ 가 아닌 추정 자기 상관함수 $\hat{r}(k)$ 로 표현한다. 그러므로 데이터가 M 개인 추정 자기 상관함수 $\hat{r}(k)$ 를 식(3)과 같이 구할 수 있다.

식 (3)에서의 $x(n)$ 은 참조 데이터의 개수만큼의 이전 데이터 값으로 입력 값을 의미한다.

$$\hat{r}(k) = \frac{1}{M} \sum_{n=k+1}^M x(n)x(n-k) \quad (3)$$

AR 모델 시스템의 파라미터는 추정된 상관함수를 기반으로 Yule-Walker 방식을 통해서 계산할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} \hat{r}(0) & \hat{r}(-1) & \dots & \hat{r}(-n) \\ \hat{r}(1) & \hat{r}(0) & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \hat{r}(-1) \\ \hat{r}(n) & \vdots & & \hat{r}(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma^2 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

식 (4)는 AR 시스템 모델의 파라미터를 계산하기 위해서 사용한 Yule-Walker 방정식으로^[11], 추정 자기 상관행렬인 $\{\hat{r}(k)\}_{k=0}^n$ 값을 알면 $\theta = [a_1, \dots, a_n]^T$ 를 계산해 낼 수 있다.

$$\begin{bmatrix} \hat{r}(1) \\ \vdots \\ \hat{r}(n) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \hat{r}(0) & \dots & \hat{r}(-n+1) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{r}(n-1) & \dots & \hat{r}(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

계산의 편의를 위해 식 (5)와 같이 정리하고 이를 $\hat{r}_n + \hat{R}_n \theta = 0$ 로 정의할 수 있다.

이는 식 (6)으로 계산하여 Yule-Walker 방정식을 이용하여 간단히 계수 계산이 가능하다.

$$\theta = -\hat{R}_n^{-1} r_n \quad (6)$$

V. 실험 및 분석

실험은 40KHz 초음파 센서가 일정한 거리를 두고 위치하는 수신부와 사용자가 소지하는 발신부로 구성된 하드웨어를 사용하였다. 위치 추적 시스템의 대상은 고정자이고 실내에서의 행동임을 고려하여 걸음의 속도를 일반인의 4km/h보다 느린 2km/h로 가정하였다. 본 논문의 실험에서는 위의 조건에 맞추어 50초 (500개)동안의 데이터를 수신하여 평균적인 결과를 산출하였다. 이 시스템의 샘플링 주기는 100ms 이다. 또한 위에서 가정한 바에 의하면 고정자의 움직임이 1초 동안 약 50cm를 이동함으로써 확인한 위치 변화가 있을 수 있으므로 예측할 데이터는 1초 (10개) 동안의 데이터 손실을 기준으로 하였다.

실험을 통해 시스템이 여러 가지 원인에 의해서 데이터의 수집에 오류가 발생함을 알고 예측 알고리즘을 적용하기 위한 파라미터를 분석하였다.

1. 계산량

본 논문에서 사용하는 위치 추적 시스템에서 데이터 수집의 손실이 발생했을 때 선형예측 알고리즘을 적용하여 데이터를 예측함에 있어 계산량을 고려해야 한다. 일반적인 프로세서 구조에서 곱셈 연산시에 걸리는 실행시간이 다른 연산시 걸리는 시간에 비해서 지배적이기 때문에 알고리즘 적용과정에서 생기는 곱셈 연산의 횟수로 계산량을 정의 하였다. 한 개의 예측값을 획득하기 위해서는 참조데이터의 개수를 M , 시스템의 차수를 n 이라고 했을 때, 식(7)과 같은 식으로 계산량을 나타낼 수 있다.

$$\frac{1}{3}n^3 + \frac{1}{2}n^2 + \frac{1}{6}n + Mn + M \quad (7)$$

그림 6은 연산시에 고려되는 두 개의 파라미터인 차수와 참조데이터의 개수에 따른 연산량을 보여주는 그래프이다. 그림 6에서 알 수 있듯이 선형예측 알고리즘 적용 시 연산량은 두 가지 요소로 대표될 수 있다. 첫째, 자기 상관 행렬의 역행렬 연산에 의해 발생하는 곱셈의 횟수로 계산량은 $O(N^3)$ 에 비례하는 복잡도를 가지고 있다. 이는 시스템의 차수 증가에 의한 Yule-Walker 방정식을 계산하기 위해 발생하는 값이다. 둘째

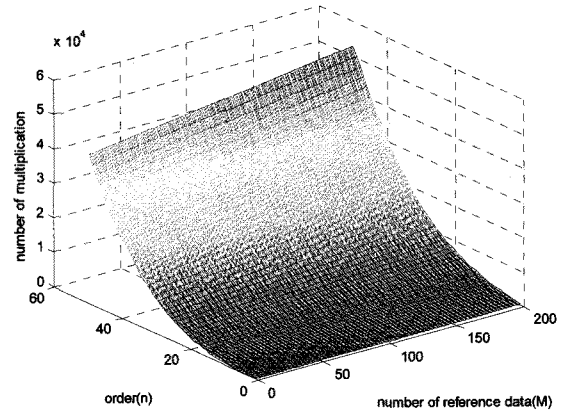


그림 6. 차수와 참조 데이터의 개수에 따른 계산량
Fig. 6. Computation complexity according to the order and number of reference data.

로는 참조데이터 개수의 증가에 의해서 자기 상관값을 계산하는 과정에서 $O(N)$ 에 비례하는 복잡도를 갖는다. 그러므로 선형 예측 알고리즘을 적용하기 위한 파라미터 결정 시에 $O(N^3)$ 의 복잡도를 보이는 차수 파라미터를 먼저 결정하여 계산량의 증가폭을 제한하는 것이 효율적임을 알 수 있다.

2. 차수와 참조데이터

선형 예측 알고리즘의 적용 시 시스템의 차수는 연산량 및 예측 성능을 고려하여 적절하게 결정되어야 한다. 그림 7과 그림 8은 선형 예측 알고리즘을 적용하여 예측한 결과의 평균 에러 값을 나타내는 그래프이다. 각각 거리와 각도에 대한 차수의 변화에 따른 연속적으로 발생한 10개의 오류 데이터를 예측하였다.

이 그래프에서 알 수 있듯이 시스템의 차수는 측정

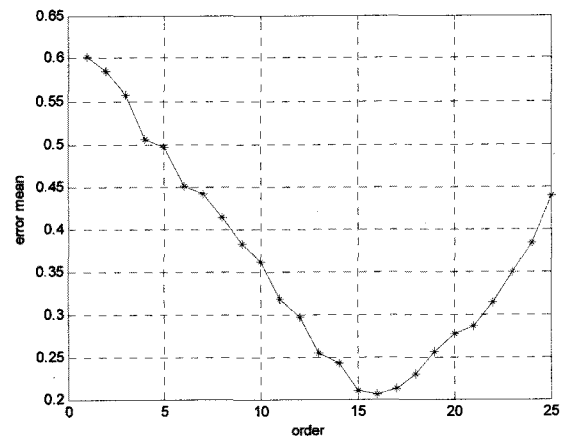


그림 7. 거리 데이터의 평균 예측 에러
Fig. 7. Mean distance error for prediction.

데이터의 특성에 따라 적절한 값이 존재하는 특징을 갖는다. 본 논문에서는 앰비언트 디스플레이를 이용한 고령자의 위치 추적 시 발생하는 손실 데이터를 예측하기

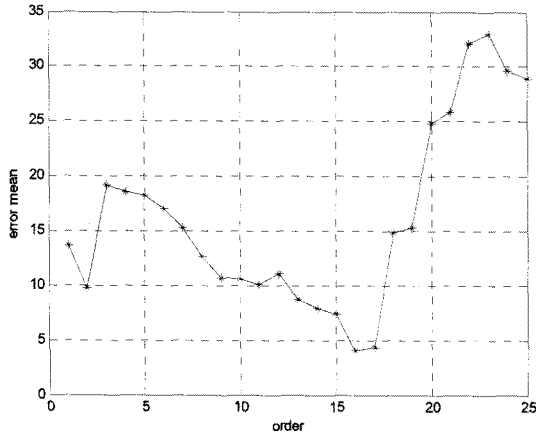


그림 8. 각도 데이터의 평균 예측 에러
Fig. 8. Mean angle error for prediction.

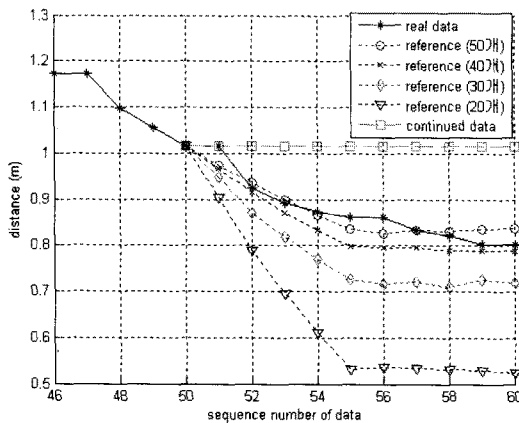


그림 9. 참조 데이터의 개수에 따른 예측 (거리 데이터)
Fig. 9. Actual prediction according to the number of reference data (distance).

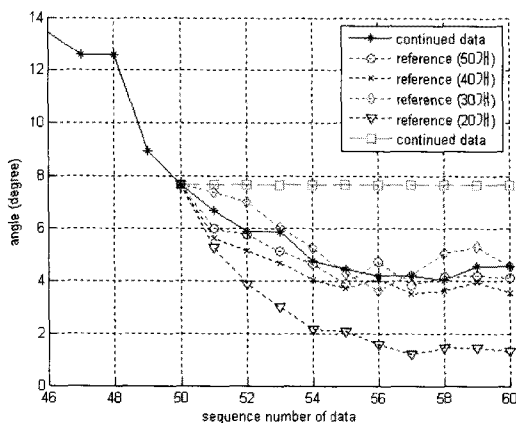


그림 10. 참조 데이터의 개수에 따른 예측 (각도 데이터)
Fig. 10. Actual prediction according to the number of reference data (angle).

위해서 16차의 시스템을 사용하는 것이 효율적임을 확인하였다.

선형 예측 알고리즘은 이전의 데이터 값을 기준으로 예측하는 알고리즘인 만큼 또 다른 중요한 파라미터는 이전의 데이터 즉, 참조 데이터의 개수이다. 예측한 데이터의 정확도를 높이기 위해서는 참조 데이터의 개수가 증가할수록 좋은 성능을 보이는 것이 일반적이다. 그러나 참조 데이터의 개수가 증가할수록 계산량 또한 증가하므로 두 가지 조건을 고려한 효율적인 시스템 구현이 요구되어진다.

그림 9과 그림 10은 환경적인 요인에 의해서 연속적으로 10개의 오류가 발생했을 때 각각 거리와 각도에 대한 데이터 예측 결과 그래프이다.

이는 앞에서 얻어낸 결과인 16차 시스템에 참조데이터의 개수를 20개, 30개, 40개, 50개로 점차 증가시켜서 연속된 손실 데이터의 예측을 나타내고 있다. 위의 결과 그래프에서 알 수 있듯이 주어진 노인의 이동 자료에서는 참조 데이터의 개수가 많을수록 정확한 예측이 가능하다는 것을 확인할 수 있다. 또한 마지막으로 얻어진 데이터를 다음 발생 데이터가 들어올 때까지 유지하는 알고리즘과 선형 예측 알고리즘을 적용한 데이터를 비교하여 이 시스템의 성능을 확인할 수 있다. 이를 통해 위치 추적 상황에서 데이터의 오류 발생 시에 유지 알고리즘을 적용한 것 보다 선형예측 알고리즘을 사용해서 예측하는 것이 보다 정확한 위치 추적을 가능함을 확인하였다.

참조 데이터의 개수와 차수는 시스템 상황과 사용자의 특성에 따라 결정된다. 특히 본 논문의 고령자 대상 시스템은 계산량과 평균에러를 고려하였을 때 참조 데이터의 개수는 50개, 차수는 16차인 시스템이 가장 적절한 예측이 가능한 파라미터임을 알 수 있다.

표 1과 표 2는 시스템의 외부적 요인(초음파 경로 방해)에 의해 연속적인 데이터 오류가 발생하였을 때 각각 거리와 각도의 데이터를 최적의 차수와 참조 데이터를

표 1. 거리 데이터의 평균 예측 에러 값 비교 (LP : 선형예측 알고리즘, NO_LP : 유지 알고리즘)

Table 1. Performance comparison with mean distance error.

연속된 error수	1	2	3	4	5
error_mean (LP)	0.00499	0.03895	0.02938	0.00583	0.03135
error_mean (NO LP)	0.02464	0.04929	0.14761	0.28765	0.46895

표 2. 각도 데이터의 평균 예측 에러 값 비교 (LP : 선형예측 알고리즘, NO_LP : 유지 알고리즘)

Table 2. Performance comparison with mean angle error.

연속된 error수	1	2	3	4	5
error_mean (LP)	0.87362	1.9802	3.9362	2.9184	1.1686
error_mean (NO LP)	0.53476	1.8623	3.1898	8.1808	14.443

이용하여 예측한 결과와 유지 알고리즘을 적용하여 예측한 결과의 평균 에러를 정리한 표이다. 이를 통해서 연속적인 오류의 발생 시에, 오류 발생 데이터의 개수가 증가 할수록 선형 예측 알고리즘을 적용한 예측 결과가 유지 알고리즘을 적용한 예측 결과보다 평균 74.39%, 최대 97.97%의 정확도 향상을 보임을 확인 하였다.

어떤 시스템도 기계적 또는 환경적인 요인에 의해서 발생하는 오류를 막기는 어렵다. 그러므로 시스템의 요구에 따라 오류 보정을 위한 알고리즘을 적용하여 시스템의 신뢰도가 높은 효율적인 사용이 가능하다.

VI. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문에서는 고령자에게 특별한 정보나 즐거움을 주기 위한 디스플레이 제공을 위해 초음파를 이용한 사용자의 위치를 추적하는 시스템을 개발하였다. 또한 그 시스템의 안정성을 높여주기 위해 위치 데이터의 획득을 실패하였을 경우 선형 예측 알고리즘을 적용하여 예측하는 시스템을 제안함으로써 강인한 시스템 구현을 가능하게 하였다.

실험을 통해서 일정기간 동안의 연속적인 데이터 손실에 있어서 선형 예측 알고리즘을 적용하여 예측한 데이터와 유지 알고리즘을 적용하여 예측한 데이터의 차이로서 유지 알고리즘을 적용한 방식보다는 선형 예측 알고리즘을 적용하는 것이 보다 효율적인 방법이라는 사실을 확인하였다.

사용자의 위치를 파악하는 방법에는 필요에 따라 여러 가지 다른 시스템 사용과 오류 예측 알고리즘의 적용이 가능하다.

사용자의 위치를 파악하는 것이 중요한 응용 시스템에서 데이터의 부재는 흐름을 끊기게 하는 커다란 요인이므로 향후에는 계산량과 복잡성, 정확성을 고려하여 좀 더 효율적인 새로운 예측 알고리즘의 제안과 적용이 요구된다.

Acknowledgement

본 논문(결과물)은 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT 신성장동력핵심기술개발사업의 일환으로 수행되었습니다. [과제관리번호 : 1010-2007-0073 과제명 : 초음파 빔형성을 이용한 실내 이동체 위치 추적 연구 및 홈센서게이트웨이 개발]

참고 문헌

- [1] <http://www.nso.go.kr/>
- [2] Roy Want, Andy Hopper, Veronica Falcao and Jonathan Gibbons, "The Active Badge Location System.", Olivetti Research Ltd. Cambridge, England.
- [3] AT&T Laboratories Cambridge Website, <http://www.uk.research.att.com/bat>
- [4] Sanjay E. Sarma, Stephen A. Weis and Daniel W. Engels, White Paper: RFID Systems, Security & Privacy implications, AUTO-ID Center, MIT, Nov. 2002.
- [5] "RADAR : An in-building RF-based User Location and tracking System," IEEE INFOCOM, 2000.
- [6] Microsoft Research, EasyLiving Website, <http://www.research.microsoft.com/easyliving>
- [7] Tun-Wen Pai, Wen-Jung Juang and Lee-Jyi Wanh, "An Adaptive Windowing Prediction Algorithm for Vehicle Speed Estimation", IEEE Intelligent Transportation Systems Conference Proceedings, 2001.
- [8] Moon-Hee You, Seong-Pal Lee and Youngyeal Han, "Adaptive Compensation Method Using the Prediction Algorithm for the Doppler Frequency Shift in the LEO Mobile Satellite Communication System", ETRI Journal, December 2000.
- [9] Air Ultrasonic Ceramic Transducer 400ST/R120 datasheet
- [10] J. Makhoul. Linear prediction: A tutorial review. Proceedings of the IEEE, 63 (5):561 - 580, April 1975.
- [11] Petre Stoica, Randolph Moses, "Introduction to spectral analysis", Prentice Hall, 1997.
- [12] Alan V. Oppenheim, Ronald W. Schaffer, *Discrete-time signal processing*, Prentice Hall, 1989.

저 자 소 개



김 주 연(정회원)
 2006년 동국대학교 전자공학과
 학사
 2006년 동국대학교 전자공학과
 석사과정
 <주관심분야 : 신호처리, 컴퓨터,
 보조공학, 센서네트워크>



윤 기 훈(학생회원)
 2008년 동국대학교 전자공학과
 학사
 2008년 동국대학교 전자공학과
 석사과정
 <주관심분야 : 신호처리, 보조공
 학, 센서네트워크 >



김 건 욱(평생회원)
 1995년 동국대학교 전자공학과
 학사
 1997년 University of Florida
 석사
 2001년 University of Florida
 박사



김 대 희(정회원)
 1996년 인하대학교 전기공학 학사
 1998년 인하대학교 전기공학 석사
 2001년~현재 한국전자통신
 연구원 선임연구원
 <주관심분야 : 칼라영상처리, HCI,
 Bioinformatics, u-헬스 케어>

2001년~2003년 Florida State University 조교수
 2003년~현재 동국대학교 전자공학과 교수
 <주관심분야 : 다중센서 시공간 신호처리, 병렬
 신호처리 시스템 설계, 보조공학>



박 수 준(정회원)
 1991년 University of Iowa,
 Biochemistry, B.S.
 1994년 Lehigh University,
 Computer Science, M.S.
 1994년~현재 한국전자통신연구원
 선임연구원, 라이프 인포
 매틱스 연구팀 팀장

<주관심분야 : 영상처리, MPEG-7, HCI,
 Bioinformatics, u-헬스 케어>