

# 칼만필터를 이용한 물체 추적

## Object tracking using Kalman filter

\*송혁, \*\*서덕원, \*\*\*이철동, \*\*\*\*유지상

Hyok Song, Duckwon Seo, Chuldong Lee, Jisang Yoo

다양한 센서 및 영상 카메라를 이용한 교통, 보안 및 안전 감시 시스템에 있어 처리해야 하는 영상 데이터의 양은 점점 커져가고 있다. 또한 단일 카메라가 아닌 많은 수의 카메라를 이용할 경우 운영자가 모든 영상 데이터를 확인하고 이에 대한 응답을 즉시 하기가 힘이 든다. 따라서 영상 데이터를 이용하기 위한 시스템에서 소프트웨어적인 처리는 필수이며 물체를 정확하게 추적하기 위해서는 물체를 인식하고 물체의 움직임을 예측하고 움직임을 보정하는 단계가 필요하다. 본 논문에서는 물체의 움직임을 정확히 추적하기 위하여 이동 물체를 추적할 때에 적절한 Kalman 필터를 이용하여 고속 물체 추적 시스템을 구현하였다.

**Key Words** : Tracking, Face, Recognition, Kalman filter

### 1. 서론

현재 IT 기술의 발전으로 운전자가 차량을 운전하는 도중에 많은 정보를 습득하여 안전한 운전, 편안한 운전, 즐거운 운전을 할 수 있도록 도와주는 여러 장치들이 개발되고 있다. 차량 외적인 환경에서 지능형 교통정보 시스템(Intelligent Transport System)을 이용한 편안한 운전, 차량 내부 또는 외부에서 운전자의 상태를 인식하여 위험정보를 전달하거나 운전자가 미처 인식하지 못한 위험정보를 알려주어 안전한 운전을 유도하는 등의 시스템들이 개발되고 있다. 본 논문에서는 차량의 내부에서 운전자의 상태를 인식하기 위하여 칼만필터를 이용한 알고리즘을 구현하였다.

칼만필터는 우주공간에서 주행을 목적으로 개발되었으나 계속 이용되면서 다른 많은 분야에서도 매우 유용하다는 것이 밝혀졌다. 칼만필터는 시스템 방정식에 에러를 가정하여 에러를 나타내는 파라미터들을 포함하고 있어 시스템 자체에서 에러를 포함하거나 또는 직접 관측이 어려울 경우 시스템 상태를 예측하기 위하여 사용된다.

본 논문에서는 차량용 임베디드시스템 중, 얼굴을 인식하여 운전자의 상태를 정의하는 알고리즘을 구현하기 위한 1차 단계로 운전자의 얼굴을 인식하여 얼굴영역의 움직임을 파악하기 위한 알고리즘으로서 얼굴영역을 정확히 추출하기 위하

여 가장 널리 사용되고 연산량이 상대적으로 많지 않은 필터로서 칼만필터를 이용하였다.

본 논문에서는 칼만필터의 대표적 분류인 Standard Kalman filter, Extended Kalman filter, 그리고 Modified Kalman filter를 적용하여 구현하였으며 이를 얼굴 영역에 적용하여 얼굴영역의 추적시에 발생하는 문제들을 제거하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 칼만필터를 소개하며 3장에서는 칼만필터를 구현하기 위한 간단한 얼굴인식 알고리즘을 보였으며 4장에서는 기존 알고리즘을 이용하여 얻은 얼굴 영역에 칼만필터를 적용한 알고리즘을 보이며 5장에서는 실험결과를 보인다.

### 2. Kalman filter

#### 2.1 개요

필터를 이용하는 것은 공학이나 임베디드시스템의 여러 분야에서 매우 유용하다. 예를 들면 무선 신호는 노이즈에 의해 신호가 왜곡되며 신호의 품질이 채널을 통하면서 불량해진다. 불량한 신호를 그대로 사용하기엔 노이즈에 의해 잃는 정보가 많으며 이를 복원하거나 정확한 정보를 추출하기 위하여 필터를 활용하며 필터를 잘 활용하면 유용한 정보를 가지고 있는 전자기 신호로부터 노이즈를 제거할 수 있다. 전원공급장치의 예를 들면 무정전전원장치는 컴퓨터나 프린터 같은 전자기기의 수명을 줄어들게 만드는 예상치 못한 전압의 떨림을 제거하는 전원공급장치이다. 칼만필터는 이런 예상치 못한 전원의 떨림을 예측하여 제거함으로써 시스템의 성능을 유지시켜준다[1].

공학적인 관점에서 칼만필터는 신호를 예측하는 툴이라 할 수 있으며 수학적 관점에서 Linear 또는 Non-linear 시스템에서 Linear system으로 모델링하여 근사화한 후 상태를 예측한다고 할 수 있다. 과거 많은 연구에 의한 결과로서 칼만 필터가 좋은 결과를 보여주었을 뿐 아니라 이론적으로도 많

#### 저자 소개

\* 準 會 員 : 電子部品研究院 멀티미디어IP연구센터 선임연구원

\*\* 準 會 員 : 全北大學教 컴퓨터工學科 博士修了

\*\*\* 正 會 員 : 全北임베디드시스템연구센터 센터장

\*\*\*\* 正 會 員 : 光云大學教 電子工學科 教授

\* 본 논문은 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 지원을 받아 수행된 연구결과임. (09-기반-13, 전라북도 IT특화 연구소 사업)

은 여러 필터들 중에서 예측 오차가 가장 작은 필터에 속한다.

## 2.2 필터 이론

칼만필터를 이용하여 신호를 예측하기 위해서는 시스템이 Linear 하여야 한다. Non-linear 시스템이라는 이를 테일러 시리즈를 이용하여 Linear 시스템으로 근사화하여야 한다. 리니어 시스템은 상태방정식과 출력방정식, 두 개의 방정식으로 표현된다.

$$x_{k+1} = Ax_k + Bu_k + w_k \quad (1)$$

$$y_k = Cx_k + z_k \quad (2)$$

A, B와 C는 매트릭스이며 k는 시간을 나타내고 x는 시스템의 상태이다. u는 알려진 시스템의 입력이며 y는 측정된 출력이고 w와 z는 노이즈이다. 여기에서 w는 프로세스 노이즈이며 z는 측정노이즈이다.

칼만필터는 노이즈 z를 평균값이 0인 노이즈로 가정한다. 노이즈가 가우시안 분포를 가질 경우 칼만필터의 성능이 가장 잘 나타낸다. 노이즈가 가우시안 분포를 갖지 않을 경우 어느 정도 작은 값일 경우에는 가우시안으로 가정하고 예측한다. 또한 프로세스 노이즈와 측정노이즈는 서로 Independent 하다고 가정한다. 여기에서 프로세스 노이즈의 Covariance와 측정노이즈 Covariance  $S_w$ ,  $S_z$ 를 다음과 같이 정의한다.

$$S_w = E(w_k w_k^T) \quad (3)$$

$$S_z = E(z_k z_k^T) \quad (4)$$

위 (3), (4)식을 이용하여 칼만필터를 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$K_k = AP_k C^T (CP_k C^T + S_z)^{-1} \quad (5)$$

$$\hat{x}_{k+1} = (A\hat{x}_k + Bu_k) + K_k(y_{k+1} - C\hat{x}_k) \quad (6)$$

$$P_{k+1} = AP_k A^T + S_w - AP_k C^T S_z^{-1} CP_k A^T \quad (7)$$

여기에서 K는 Kalman Gain이며 P는 예측된 예러 Covariance이다. k+1 시간에서 상태예측을 유도하기 위한 첫 번째 항목에서 단순히 k 시간에서의 상태 예측값에 A를 곱한 값과 k 시간에서 알려진 입력에 B를 곱한 값의 합이다. 이는 특정값이 없을 때 상태 예측을 위한 것이다. 두 번째 항의  $\hat{x}$  방정식은 보정항이라고 불리며 이는 측정 시 발산상태를 보정하기 위한 항목이다. K를 구하는 방정식에서 측정 노이즈가 크다면  $S_z$ 가 커질 것이며 K는 작아질 것이고 y값을 얻을 경우 신뢰도가 떨어지게 된다. 반대로  $S_z$ 가 작으면 신뢰도가 커진다.

## 3. 얼굴인식

본 논문에서는 얼굴영역을 검출하기 위해서 칼만필터에 적절한 얼굴영역 검출 알고리즘을 적용하지는 않았다. 기존의

얼굴영역 검출 알고리즘을 그대로 사용함으로써 칼만필터의 얼굴추적 알고리즘의 성능을 검증하였다[2]. 얼굴영역을 추출하기 위한 처리 과정은 크게 2가지로 전처리과정 및 눈 영역 추출 과정으로 나뉜다.

### 3.1 얼굴 피부색 결정

얼굴영역을 검출하기 위하여 얼굴 피부색을 이용한 검출방법을 사용하였다. 사용된 알고리즘은 Terrillon[3]의 알고리즘으로 R과 G 성분으로 만든 컬러 히스토그램을 임계값으로 결정하여 추출하였다. RGB 좌표계를 변환하는 관계식은 아래와 같다.

$$q(r, g) = f(R, G, B) \quad (8)$$

$$r = \frac{R}{(R+G+B)} \quad (9)$$

$$g = \frac{G}{(R+G+B)} \quad (10)$$

피부색 영역으로 사용하게될 r과 g의 평균값을 구하는 식은 아래와 같다.

$$H_{avg} = \frac{1}{n} \sum_n^{t=1} H_i(r, g) \quad (11)$$

### 3.2 눈 영역 검출

얼굴 영역을 구한 후 눈 영역의 전처리 과정을 거쳐 눈 영역의 후보 영역을 레이블링 한다. 눈과 입은 가로 방향의 성분이 강하고 코는 세로 성분이 강한 특징을 가지고 있으므로 스벨 연산자를 이용하여 가로방향 연산자로 필요한 예지만을 추출한 후, 이진화 과정 및 미디언 필터를 이용하였다. 모폴로지 기법을 사용하여 특징점들을 연결하였다.

전처리 과정을 거친 영상에 대해 레이블링을 수행하여 후보 영역을 추출한다. 후보 영역의 크기를 이용하여 후보군을 줄이고 영역의 모양을 이용하여 최종 눈영역을 추출한다.

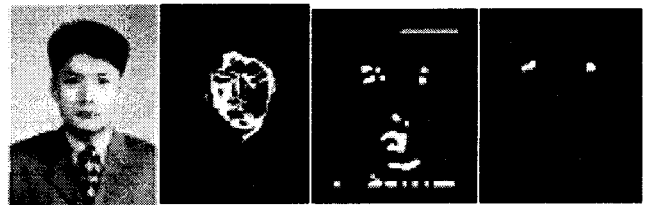


그림 1. 얼굴/눈 영역 추출 알고리즘

## 4. 칼만 필터의 적용

### 4.1 알고리즘

얼굴인식 및 눈 영역인식 단계에서 획득한 얼굴 영역의 정보를 이용하여 칼만필터를 적용하는 단계에서는 영상정보에서 추출한 특징 파라미터를 이용하는 방법에 따라서 결과가 달라질 수 있다. 본 논문에서는 얼굴 영역을 획득하고 얼굴영역을 Square box로 처리하여 네모 영역을 추적하였다. 영상 내에서 얼굴영역은 움직임의 변위가 크지 않으며 움직임의 가속도 역시 크게 변하지 않으므로 전체적인 움직임은 일정하다고 볼 수 있다.

얼굴 영역의 중점을 칼만필터에 적용하여 예측하고, 예측된 값과 다시 획득한 얼굴영역정보를 활용하면 얼굴영역을 재획득할 때 발생하는 오차를 줄이며 예측값을 이용하여 예측된 주변에서 영역을 획득하므로 처리 속도가 빠른 것을 볼 수 있다.

전체적인 프로세스는 카메라를 이용하여 영상데이터를 입력 받으며 입력된 영상에서 얼굴영역을 추출하기 위한 전처리 과정이 있다. 전처리 과정에는 피부색을 이용한 이진화, 영역추출 및 영상을 Grey scale로 변환하는 과정이 있으며 소벨 에지 검출을 통해서 가로 성분을 검출하고 이진화하고 미디언필터를 이용하여 에지 확장을 한다. 이 단계에서 전처리 과정이 끝나며 눈 영역 검출을 위하여 1차 후보 영역을 라벨링하며 2차영역에서 영역의 크기를 이용하여 눈 영역을 추출하고 얼굴에서의 눈영역의 구조적 관계를 이용하여 눈 영역을 추출하여 얼굴영역을 확정지으며, 확정된 얼굴영역을 칼만필터를 적용하여 추적한다.

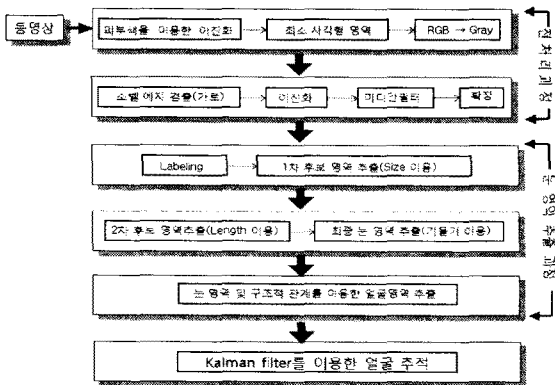


그림 2. 칼만필터를 이용한 얼굴 추적

### 5. 실험 결과 및 결론

본 알고리즘은 PC를 이용하였으며 동작은 실시간 동작한다. 동작 시스템의 사양은 아래와 같다.

- Intel Core2 Quad Q6600 2.4Ghz
- 2G byte RAM
- Visual studio 2008
- Logitech quickcam pro 4200

구현 화면은 아래와 같다.

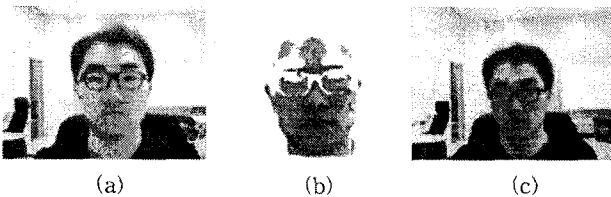


그림 3. 얼굴인식 실험 결과

그림 (a)는 원본 영상이며 그림(b)는 추출된 얼굴영상이다. 그림(c)는 칼만필터를 이용하여 얼굴영역을 추적하는 결과 영상이다. 그림 (c)에서 얼굴영역을 녹색의 사각영역으로 표시하고 있으며 본 영역은 얼굴영역에 움직임이 발생하여도 실시간으로 추적하고 있음을 보여주고 있다. 본 논문의 결과

로 칼만필터를 이용한 얼굴추적시스템은 매우 효율성이 높은 알고리즘임을 알 수 있다.

### 6. Future Works

본 논문의 목적은 지능형 교통 시스템이며 자동차의 흐름을 파악하여 실시간 및 자동으로 도로상황을 파악하는 시스템이다. 그의 기초 연구로 기존에 구현된 얼굴 인식 알고리즘을 이용하여 얼굴을 인식하고 칼만필터를 이용하여 얼굴추적 시스템을 구현하였다. 본 논문을 기초로 하여 차량을 인식하고 추적하기 위해서 HMM(Hidden Markov model) 또는 SVM(Support Vector Machine)을 위한 파라미터 추출 및 Event detection을 통한 자동화된 상황인지 알고리즘을 구현하여야 한다.

### 참 고 문 헌

- [1] Dan Simon, "Kalman Filtering", Embedded Systems Programming, pp. 72-79, June, 2001
- [2] 서덕원, 윤국진, 김대중, 박훈성, "피부색과 모멘트를 이용한 눈 영역 검출", 춘계정보처리학회 학술대회, Vol. 08 No. 01 pp.0143-0146, March, 2001
- [3] J.C. Terrillon and H. Fukamachi, "Automatic Detection of Human Face in Natural Scene Images by Use of a Skin Color Model and of Invariant Moments" IEEE 3rd Intl. Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition, Nara, Japan, 1998.