

# 패턴 분석 기반의 비접촉 사용자 인터페이스 기법

장원동 정일룡 김창수

고려대학교 전기전자전파공학부

{dotol1216, illyong, changsukim}@korea.ac.kr

## Touchless User Interface Based on Pattern Analysis

Won-Dong Jang Il-Lyong Jung Chang-Su Kim

School of Electrical Engineering, Korea University

### 요약

본 논문에서는 패턴 분석 기반의 비접촉 사용자 인터페이스 제어 기법을 제안한다. 본 기법은 카메라가 장착된 기기에서 입력 받은 실시간 영상을 사용하여 패턴의 정보를 분석한다. 정의된 패턴을 기반으로 최초의 패턴 위치를 예측하고, 특징점 추출 기반 추적 기법을 통해 패턴의 위치를 갱신한다. 휴대용 기기의 다양한 사용 환경에 적합하도록, 정규 상관 계수와 특징점 추출 정보를 사용하여 패턴의 예측, 추적을 수행함으로써 밝기 변화에 강한 사용자 인터페이스 기법을 제안한다. 실험을 통하여 본 논문이 제안하는 알고리즘이 기존의 방법에 비해 우수한 성능을 나타냄을 확인한다.

### 1. 서론

최근 멀티미디어 통신 기술의 발달로 인하여, 휴대용 기기가 다양한 전자 기기의 기능을 대체하고 있다. 이러한 추세에 따라 사용자가 다양한 기능들을 한 기기에서 효과적으로 사용하는 것을 가능하게 하는 효율적인 사용자 인터페이스에 대한 중요성이 대두되고 있다. 기존의 사용자 인터페이스 기법은 키패드 기반의 제어 기법, 터치 기반의 제어 기법 등이 존재한다. 그러나 키패드를 통한 제어 기법은 다중 입력기능과 곡선이동 등에서 한계가 있고, 터치 기반의 제어 기법은 터치 인식을 위한 추가적인 하드웨어의 탑재가 필요하다는 단점이 있다. 따라서 이를 극복하기 위한 카메라 기반의 사용자 인터페이스 기법이 주목 받고 있다.

기존에 제안된 카메라 기반의 사용자 인터페이스 기법들은 높은 복잡도를 갖거나 영상 내에서 피부색을 가진 객체가 유일하다는 가정을 한다 [1]-[3]. 본 논문에서는 연산량을 최소화하고, 정확도를 향상하기 위하여, 패턴 분석 기반의 사용자 인터페이스 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 저 복잡도가 요구되는 휴대용 기기에 적용 가능하다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안하는 패턴 분석 기반의 비접촉 사용자 인터페이스 기법의 구조에 대해서 기술한다. 3장에서는 제안하는 알고리즘의 성능을 검토한다. 그리고 4장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

### 2. 제안하는 비접촉 사용자 인터페이스 기법의 구조

본 논문에서 제안하는 사용자 인터페이스 시스템의 구조는 그림

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2010-(C1090-1011-0003))

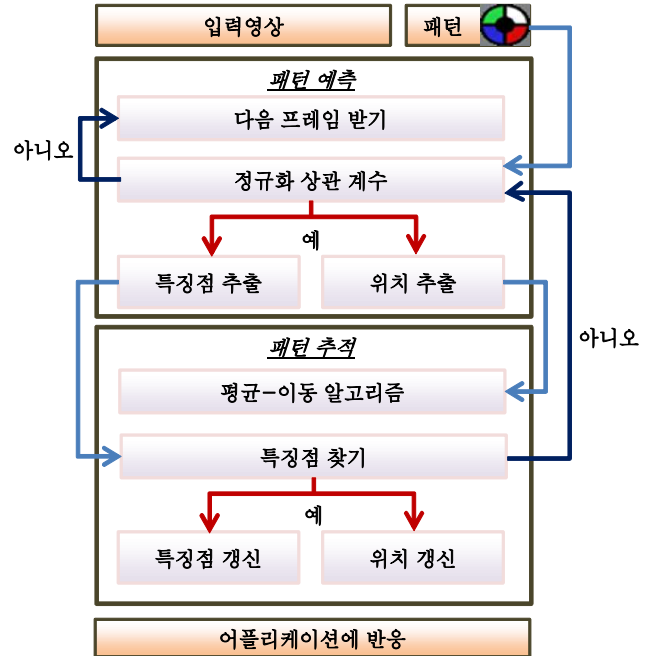


그림 1. 제안하는 시스템 구조

1과 같다. 제안하는 시스템은 크게 패턴 예측과 패턴 추적으로 나뉜다. 패턴 예측에서는 패턴의 초기 위치를 예측하고, 패턴 추적에서는 예측된 패턴을 추적한다. 본 시스템은 패턴 분석을 기반으로 제어 정보를 추출하여 높은 정확도와 낮은 복잡도를 갖는 장점이 있다.

우선 카메라를 통해 입력된 영상의 밝기 변화에 강인하도록 정규화 상관 계수(normalized correlation coefficient)를 이용하여 사용자

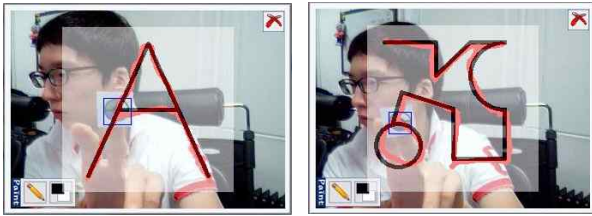


그림 2. 그림판 응용

가 정의한 패턴을 예측한다. 예측된 패턴 정보를 기반으로 추적에 용이한 3개의 특징점을 추출한다.

추출된 특징점을 기반으로, 패턴의 주변 영역을 검색영역으로 설정하여 3개의 특징점에 대응되는 지점들을 추적한다. 이를 통하여 추적된 정보를 통하여 패턴 정보를 갱신하고, 최종적으로 사용자의 제어 정보를 취득한다. 이를 통해 다양한 어플리케이션을 제어할 수 있다.

### 2.1 패턴 예측

패턴 예측 단계는 입력된 영상에서 패턴의 최초 위치를 탐지한다. 이때 정규화 상관 계수를 이용하여 패턴과 영상의 상관도를 계산한다. 상관계수는 -1부터 1까지의 값을 갖고, 1에 가까울수록 높은 상관도를 의미한다. 제안하는 기법은 최대의 상관 계수를 갖는 영역을 패턴으로 예측한다. 그러나 만약 계산된 상관 계수가 설정된 문턱값 보다 낮으면 다음 프레임의 영상을 통하여 새롭게 패턴을 예측한다. 정규화 상관 계수 기반의 패턴 예측에서는 밝기 변화에 따른 인식 오류가 감소하므로 환경 변화에 강인한 예측이 가능하다.

### 2.2 패턴 추적

앞서 예측된 패턴 정보를 기반으로 평균-이동 알고리즘 [4]을 이용하여 패턴의 초기 위치를 예측한다. 예측된 패턴 내의 3개의 특징점을 추출하고, 이를 기반으로 패턴의 위치를 정교하게 추적한다. 초기 특징점은 패턴 예측에서 추출된 패턴 정보를 활용하고, 이후의 특징점들은 패턴 추적 과정을 반복하며 갱신된다. 그러나 패턴 추적을 통하여 갱신된 패턴 정보가 설정된 문턱값 보다 낮을 경우, 새롭게 패턴을 예측한다. 특징점 기반으로 추적 시 평균-이동 알고리즘을 통하여 정한 구역 내에서만 탐색하므로, 프레임 전체에서 탐색하는 것에 비하여 계산량을 감소시킬 수 있다.

패턴의 움직임 추적은 다음과 같이 패턴의 3개의 특징점들의 변화를 통해 측정할 수 있다.

$$motion(x,y) = \left( \sum_{i=1}^3 \frac{x_{p_i} - x_{b_i}}{3}, \sum_{i=1}^3 \frac{y_{p_i} - y_{b_i}}{3} \right) \quad (1)$$

여기서  $x_{p_i}$  와  $y_{p_i}$  는 현재 프레임의  $i$  번째 특징점의  $x, y$  좌표,  $x_{b_i}$  와  $y_{b_i}$  는 이전 프레임의  $i$  번째 특징점의  $x, y$  좌표이다.

또한 패턴의 크기 변화에 강인하도록, 특징점의 좌표들을 활용하여 그 넓이를 계산한 후 패턴의 크기 변화를 다음과 같이 갱신한다.

$$S = \frac{T_p}{T_b} \quad (2)$$

위 식에서  $T_p$  와  $T_b$  는 각각 현재 프레임, 과거 프레임에서 3개의 특징점을 꼭지점으로 가지는 삼각형의 넓이이고,  $S$  는 두 넓이의 비율이다.  $S$  가 1보다 크면 패턴과 카메라의 거리가 감소한 것으로 인식하고, 1보다 작으면 패턴과 카메라의 거리가 증가한 것으로 인식한다.

### 3. 실험결과

	알고리즘	이미지 형태	
		A	복잡한 이미지
RMSE	기존 기법 [3]	6.02	6.88
	제안하는 기법	3.76	4.40

표 1. 그림판 응용에서의 RMSE 비교

피부색 인식 기반의 카메라 유저 인터페이스 기법 [3]과의 비교를 통하여, 제안하는 기법의 성능을 비교한다. 실험은 PC 기반으로 30회 시행한다.

성능의 정확도 측정을 위하여, 그림 2와 같이 그림판 응용을 활용하여 'A' 경로와 복잡한 경로를 그린다. 이 때, 원 경로와 기법을 통하여 그린 경로와의 차이를 RMSE(root mean square error)를 통하여 측정한다. 표1 에서 볼 수 있듯이, 제안하는 알고리즘이 기존 기법에 비하여 낮은 오류율을 나타냄을 확인할 수 있다.

### 4. 결론

본 논문은 카메라를 통한 패턴 분석 기반의 비접촉 유저 인터페이스 기법을 제안하였다. 실험 결과를 통하여, 제안하는 시스템은 기존의 시스템보다 더 낮은 복잡도를 가짐에도 불구하고, 높은 제어 성능을 보여주는 것을 확인하였다. 제안하는 시스템은 본 논문에서 예로 든 그림판 응용 외에도 카메라 촬영, 가상 키보드 등을 비롯한 모바일 기기에서의 다양한 응용을 기대할 수 있다.

### 5. 참고문헌

[1] J. Hannuksela, P. Sangi, and J. Heikkila, "A Vision-Based Approach for Controlling User Interfaces of Mobile Devices," in *Proc. IEEE CVPR*, Jun. 2005.  
 [2] A. Bulbul, Z. Cipiloglu, and T. Capin, "A Face Tracking Algorithm for User Interaction in Mobile Devices," in *Proc. International Conference on CyberWorlds*, Sep. 2009.  
 [3] O. Gallo, S. M. Arteaga, and J. E. Davis, "A camera-based pointing interface for mobile devices," in *Proc. ICIP*, Oct. 2008.  
 [4] D. Comaniciu and P. Meer, "Mean Shift Analysis and Applications," in *Proc. IEEE ICCV*, pp.1197-1203, Sep. 1999.