

적응형 칼라 Look-up Table을 이용한 물체의 추적

박현근, 김도윤, 정명진
한국과학기술원 전자 전산학과

Color Object Tracking using Adaptive Look-up Table

Hyun Keun Park, Do-yoon Kim, Myung Jin Chung
Dept. of Electrical Engineering & Computer Science KAIST

Abstract - 칼라는 물체의 특성을 나타내는 고유한 성질 중의 하나로 칼라 정보를 이용하면 물체를 추적하는데 많은 도움을 얻을 수 있다. 그러나 동일한 칼라의 물체일지라도 조명의 상태나 물체의 형태 등에 따라 실제 이미지 상에 나타나는 칼라는 조금씩 다른 칼라값을 갖는다. 따라서 칼라를 이용하여 물체를 표현하기 위해서는 이미지 상에 나타나는 이러한 물체의 칼라 분포를 효과적으로 모델링할 수 있는 방법이 필요하다. 또한 한번 모델링된 칼라일지라도 물체가 이동하거나 조명이 변화하게 되면 칼라의 분포가 변화하므로 모델링된 칼라가 이러한 변화에도 적절히 대응할 수 있어야 칼라 정보를 이용하여 물체를 추적할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 물체의 칼라 분포를 look-up table을 이용하여 모델링하고 추적하는 물체의 칼라 정보를 이용하여 모델링된 칼라 분포를 다시 갱신하는 적응형 look-up table 방법을 제시하였다. 적응형 look-up table은 모든 칼라값을 테이블로 표현하므로 어떠한 칼라 분포도 모델링할 수 있으며 연산시 단순 참조 방식으로 처리되기 때문에 빠른 계산이 가능하다. 또한 look-up table은 지속적으로 갱신되므로 조명의 변화나 물체의 이동 등으로 인한 칼라 분포의 변화에도 적절히 대응할 수 있다. 본 논문에서는 칼라 정보를 이용하여 물체를 추적하는데 적응형 look-up table을 이용함으로써 적응형 look-up table의 타당성을 검증하였다.

상태, 물체의 위치 등으로 인하여 다양하게 나타나기 때문에 칼라의 분포를 단순히 가우시안 분포로 모델링하는 데는 무리가 있다. 만일 칼라의 분포가 올바르게 모델링되지 않을 경우 찾고자 하는 물체의 칼라를 찾지 못하거나 배경의 칼라를 물체의 칼라와 혼동하게 되는 경우가 발생하게 된다.

본 논문에서는 칼라의 분포를 모델링하기 위한 방법으로 RGB 공간상에서 특정 물체의 칼라 분포를 테이블화하는 look-up table 방식을 이용하였다. look-up table 방식은 칼라의 분포를 단순히 테이블화하기 때문에 어떠한 형태의 칼라 분포도 모델링이 가능하며 칼라의 분포를 최소한의 영역으로 표현하기 때문에 다른 칼라와 중첩되는 부분을 최소화 할 수 있다. 또한 연산시 단순 참조로 처리되기 때문에 다른 방법에 비하여 빠른 처리가 가능하다[1]. 반면 look-up table은 단순한 몇 개의 파라미터로서 표현되지 않게 때문에 칼라 분포의 변화에 따라 테이블을 변화시키기가 어려운 단점이 있었다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 look-up table을 이용하여 찾은 물체의 칼라 정보를 이용하여 다시 look-up table을 갱신하는 적응형 look-up table을 제안하였고 실험을 통하여 타당성을 검증하였다. 적응형 look-up table은 물체의 칼라 분포에 따라 적절히 look-up table을 갱신하므로 물체의 이동으로 인한 칼라 분포의 변화에도 적절히 대응하여 물체를 효과적으로 추적할 수 있다.

1. 서 론

칼라는 물체의 특성을 나타내는 고유한 성질 중의 하나로 물체를 인식하는데 중요한 정보를 제공한다. 따라서 이러한 칼라 정보를 이용하여 물체를 인식할 수 있으면 손쉽게 물체를 추적할 수 있다. 또한 칼라 정보를 이용하여 물체를 추적하는 방법은 물체의 모양과 같은 특징점을 이용하여 추적하는 방법에 비하여 물체의 형태가 왜곡되거나 변형되어도 크게 영향을 받지 않는 장점이 있다[2]. 그러나 동일한 칼라를 지닌 물체일지라도 카메라를 통하여 획득된 이미지에서는 조명의 상태나 물체의 모양, 물체의 위치 등에 따라 서로 다른 칼라 분포를 지니므로 이러한 칼라의 분포를 어떻게 효과적으로 모델링할 것인가가 칼라 정보를 이용하여 물체를 추적하는데 중요한 요건이 된다. 또한 물체를 추적하는데 칼라 정보를 이용하면 추적중 물체의 이동으로 인하여 조명의 상태나 물체의 위치가 변화하기 때문에 물체의 칼라 분포도 변화하게 된다. 따라서 모델링된 칼라의 분포가 물체의 칼라 분포의 변화에 따라 적절히 대응해 나갈 수 있어야 효과적으로 물체를 추적할 수 있다. 기존에는 RGB를 각 축으로 하는 칼라 공간상에서 특정 물체의 칼라 분포를 가우시안으로 모델링하고 가우시안 분포의 각 파라미터를 칼라의 변화에 따라 변화시켜 나가면서 물체를 추적하거나[3] 칼라의 분포를 히스토그램으로 모델링하여 동일한 칼라 히스토그램을 갖는 물체를 전체 이미지 상에서 추적하는 방법 등을 사용하였다[4]. 그러나 실제 이미지 상에서의 칼라의 분포는 물체의 형태나 조명의

2. 본 론

2.1 Look-up Table을 이용한 칼라의 모델링

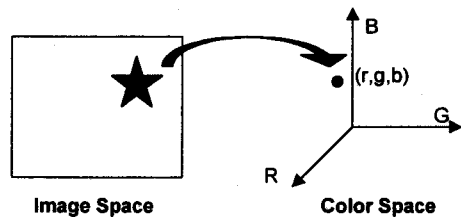


그림 1. 이미지 공간과 칼라 공간

칼라 이미지 상의 한 점은 (r,g,b)의 세 값으로 표현된다. 이 세 값을 벡터로서 생각하면 칼라 이미지 상의 한 점은 R,G,B를 각축으로 하는 3차원 벡터 공간(칼라 공간)상의 한 점이라고 할 수 있다. 따라서 이미지 공간상의 한 점은 칼라 공간상의 한 점에 대응한다. 동일한 칼라를 지닌 물체일지라도 물체의 형태나 조명의 위치 등에 의하여 실제 이미지 상에 표현되는 물체의 칼라는 위치에 따라 조금씩 다른 칼라 값을 지니므로 이러한 이미지 상의 점들을 칼라 공간상으로 옮겨 보면 칼라 공간상에서는 공간적으로 가까운 위치에 놓인 점들의 집합은

로 표현될 수 있다. 따라서 이러한 점들의 집합은 곧 물체의 칼라를 나타낸다. 본 논문에서는 이러한 칼라 공간 상에서의 점들이 집합 즉, 칼라의 분포를 모델링하기 위하여 look-up table을 이용하였다. look-up table은 이미지 상에 표현될 수 있는 모든 칼라값에 대하여 테이블을 만들고 테이블 안의 각 칼라 값에 대하여 그 특정 칼라가 우리가 찾고자 하는 물체의 칼라인지 아닌지에 대한 정보를 넣어 놓은 테이블이다. 따라서 우리는 특정 칼라의 칼라값(r,g,b)을 인덱스로 하여 look-up table을 참조하면 테이블의 내용을 통하여 그 칼라가 우리가 찾고자 하는 물체의 칼라인지(참) 아니면 배경의 칼라인지를(거짓) 알 수 있다. 본 논문에서는 look-up table을 구성하기 위하여 일반적으로 많이 사용되는 15bit 칼라 모델을 이용하였다. 15bit 칼라 모델은 칼라를 표현하는 R,G,B 요소에 각각 5bit씩을 할당하는 모델로서 모두 $32k(2^{15}=32k)$ 가지의 칼라를 표현할 수 있다. 따라서 15bit로 표현되는 칼라를 위하여는 모두 32k의 크기를 지닌 look-up table이 필요하다. 물체에 대한 칼라가 어떠한 형태로 분포하는 해당 칼라값들에 대한 look-up table의 내용을 참으로 설정하여 놓으면 되기 때문에 look-up table은 어떠한 형태의 칼라 분포도 모델링할 수 있다.

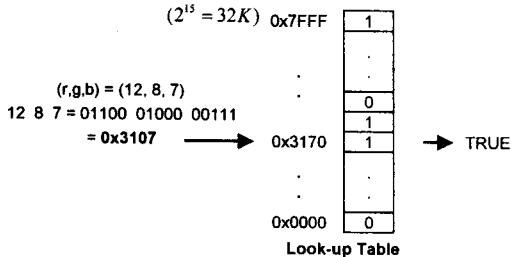


그림 2. look-up table을 이용한 칼라의 판별

2.2 적응형 Look-up Table

[그림 3]과 같이 물체가 이미지 공간상에서 이동하게 되면 조명의 영향 등으로 인하여 칼라 공간상에서의 칼라 분포도 변화하게 된다. 따라서 이동하는 물체를 추적하기 위해서는 물체의 이동에 따른 칼라 분포의 변화를 적절히 look-up table에 반영하여야 한다. 본 논문에서는 이러한 look-up table의 갱신을 위하여 이미지 상에서의 칼라 정보를 이용한다.

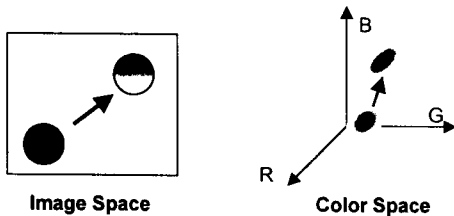


그림 3. 이미지 공간상에서 물체의 이동과 칼라 공간상에서의 칼라 분포의 이동

look-up table을 이용하여 물체를 찾기 위해서는 먼저 찾고자 하는 물체의 칼라 분포를 이용하여 look-up table을 초기화한다. 한번 초기화된 look-up table은 이미지 상의 칼라 정보를 이용하여 지속적으로 갱신되며 갱신된 look-up table을 이용하여 다시 이미지 상에서 원하는 물체를 찾게 된다. look-up table을 갱신하기 위하여 먼저 갱신되기 전의 look-up table을 이용하여

이미지 상에서 물체를 찾는다. 물체를 찾는 것은 전체 이미지 상에서 원하는 칼라를 갖는 물체만을 배경 이미지로부터 분리해 내는 것을 의미한다. 원하는 칼라를 지닌 물체를 배경으로부터 분리하였으면 look-up table의 갱신을 위하여 물체를 포함하는 최소 크기의 사각형을 구한다. 이 사각형은 물체에 대한 칼라 분포를 분석하기 위하여 사용되며 이를 통하여 다음 look-up table을 갱신한다. 물체를 포함하는 최소 크기의 사각형을 구하였으면 이 사각형 안에 있는 점들을 칼라 공간상으로 이동시킨다. 사각형 안의 점들은 크게 찾고자 하는 물체의 칼라와 물체의 칼라를 제외한 배경의 칼라로 구성되어 있을 것이다. 따라서 칼라 공간상에서 살펴보면 찾고자 하는 물체의 칼라를 나타내는 칼라의 그룹과 배경을 나타내는 칼라의 그룹들이 존재하게 된다. 이미지 상에서의 사각형은 물체를 포함하는 최소 크기의 사각형이기 때문에 칼라 공간상에서의 점들은 대부분 우리가 찾고자 하는 칼라의 그룹에 속하여 있을 것이다. 그러나 찾고자 하는 물체의 칼라와 배경의 칼라가 확연히 다른 칼라라 할지라도 물체와 배경 사이의 경계 부분에서는 칼라의 변화가 부드럽게 일어나기 때문에 이러한 경계상의 칼라들이 칼라 공간상에서 물체의 칼라 그룹과 배경의 칼라 그룹을 연결시키게 된다. look-up table은 칼라 공간상에서 찾아진 물체의 칼라 분포를 이용하여 갱신되기 때문에 look-up table을 갱신하기 위해서는 먼저 칼라 공간상에서 각각의 그룹을 확실하게 나누어야 한다.

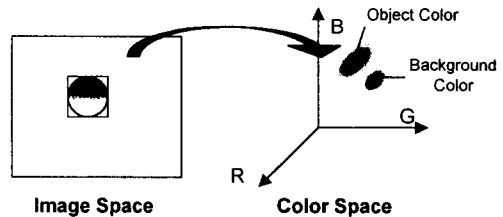
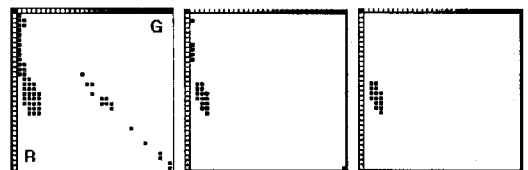


그림 4. 칼라 공간상에서의 물체와 배경의 칼라

칼라 공간상에서 각각의 그룹을 분리시키는 방법은 이미지 공간상에서 경계 부분에 있는 칼라들은 물체의 칼라나 배경의 칼라에 비하여 많이 나타나지 않으므로 이미지 공간상에서 일정 회수 이상 나타나는 칼라만을 칼라 공간으로 이동시키는 것이다. 찾고자 하는 물체에 대응하는 칼라는 사각형 이미지 공간상의 대부분을 차지하므로 많은 비율이 나타날 것이고 동일한 배경을 지니고 있다면 배경에 해당하는 칼라도 많은 비율이 나타날 것이다. 반면 물체와 배경 사이에 존재하는 칼라들은 물체의 경계선 부분에서 밖에 나타나지 않으므로 적은 비율만이 나타날 것이다. 이를 이용하여 이미지 공간상에서 일정 비율 이상이 나타나지 않는 칼라를 제거하면 칼라 공간상에서는 물체에 대한 칼라 그룹과 배경에 대한 칼라 그룹이 확실하게 분리된다. 물체의 이동에 따라 칼라 공간상에서의 칼라의 변화는 급격하게 변화하지 않으므로 이제 분리된 그룹 중에서 갱신되기 전의 look-up table의 칼라 분포에서 가장 가까운 그룹을 찾아 이것으로 look-up table을 갱신한다.



(a) (b) (c)
그림 5. look-up table의 갱신

[그림 5]는 RGB 칼라 공간상의 점들을 RG 평면으로 투영시킨 그림이다. (a)는 이미지 공간상의 사각형 안에 있는 모든 점들을 칼라 공간상으로 이동시킨 경우이며 (b)는 (a)중 이미지 공간상에서 나타나는 점들의 회수가 전체 사각형 안의 점들의 개수에 대하여 0.25% 이상 되는 점들만을 칼라 공간상으로 이동시킨 경우이다. (b)를 살펴보면 (a)에 비하여 확실하게 찾고자 하는 물체에 대한 칼라 집합과 배경에 대한 칼라 집합으로 나뉘어져 있는 것을 알 수 있다. (c)는 (b)에서 바로 전의 look-up table의 칼라 분포와 가장 가까운 그룹을 찾은 것이다. look-up table을 이용하여 물체를 찾고 다시 look-up table을 갱신하는 알고리즘을 요약하면 다음과 같다.

1. look-up table을 초기화한다.
2. look-up table을 이용하여 이미지 상에서 물체와 배경을 분리한다.
3. 찾은 물체를 이용하여 물체를 포함하는 최소 크기의 사각형을 구한다.
4. 칼라 공간상에서 배경의 칼라와 물체의 칼라를 분리하기 위하여 사각형 안에서 나타나는 회수가 일정 비율 이상이 되는 칼라들만 칼라 공간상으로 이동시킨다.
5. 칼라 공간상에서 비슷한 칼라끼리 서로 모여 있으므로 모여 있는 칼라끼리 그룹핑을 한다.
6. 그룹핑된 칼라중에서 갱신되기 전의 look-up table과 가장 가까운 그룹의 칼라를 찾는다.
7. 찾아진 그룹의 칼라를 이용하여 look-up table을 갱신한다.
8. 2번으로 돌아간다.

2.3 실험 결과

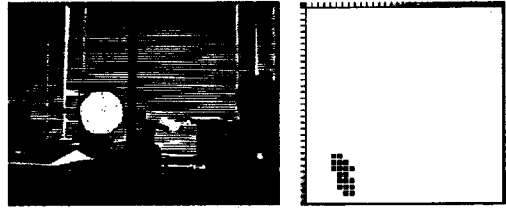
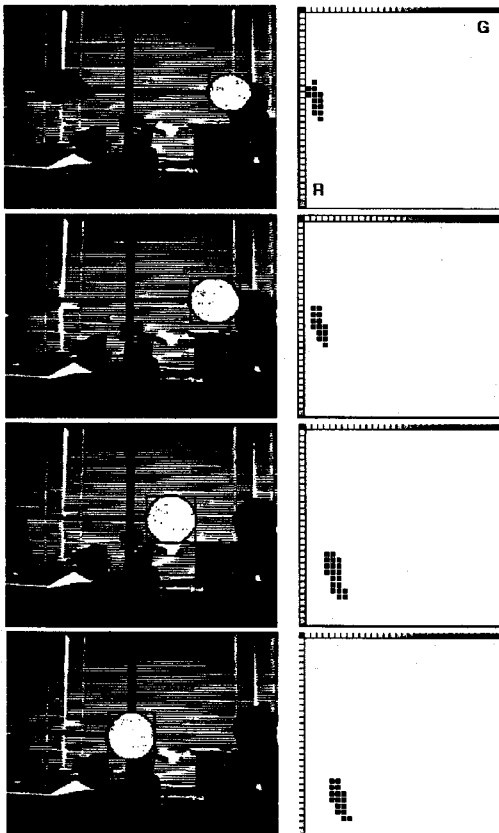


그림 6. 물체의 추적과 look-up table상에서의 변화

[그림 6]은 적응형 look-up table을 이용하여 물체를 추적하는 실험이다. 왼쪽 그림은 추적한 물체의 그림으로 look-up table을 이용하여 배경과 분리된 물체는 모두 동일한 칼라(녹색)로 표현되어 있다. 또한 물체를 둘러싸고 있는 사각형은 look-up table을 갱신하기 위하여 사용되는 사각형이다. [그림 6]에서 오른쪽 그림은 왼쪽 그림에 대응하는 look-up table로서 3차원의 점들을 2차원의 RG면 상으로 투영시킨 그림이다. 이 그림을 통하여 알 수 있듯이 물체가 이동함에 따라 물체에 대응하는 칼라 공간상의 점들도 함께 이동함을 알 수 있다. 실험에서 화면의 오른쪽 끝에서부터 왼쪽 끝까지 물체를 이동시키는 동안 적응형 look-up table은 변화하는 물체의 칼라 분포를 적절히 모델링할 수 있었으며 이를 이용하여 물체를 효과적으로 추적할 수 있었다.

실험은 펜티엄 III-450에서 수행되었으며 물체를 찾아내고 look-up table을 갱신하는 데는 약 5ms의 시간이 소모되었다. 카메라로부터의 영상은 33ms의 간격으로 들어오므로 적응형 look-up table을 이용하면 실시간 물체 추적이 가능하다.

3. 결 론

본 논문에서는 물체의 추적에 칼라 정보를 이용하였다. 물체의 칼라는 조명을 비롯한 물체의 모양 등에 따라 다양한 분포를 지니고 물체의 추적 중에도 여러 요인에 의하여 분포가 변화하므로 칼라를 이용하여 물체를 추적하기 위해서는 이러한 분포를 효과적으로 모델링하고 분포의 변화에도 적절히 대처할 수 있는 방법이 필요하다. 본 논문에서 제안한 적응형 look-up table은 물체의 칼라 분포를 테이블화하므로 어떠한 형태의 칼라 분포도 모델링할 수 있으며 또한 물체의 칼라 분포가 변화함에 따라 적절히 테이블의 내용을 변경하므로 효과적으로 물체를 추적할 수 있다. 또한 적응형 look-up table은 단순 참조만을 이용하여 물체를 배경으로부터 분리하므로 빠르게 처리된다. 빠른 처리는 실시간 물체 추적에 있어서 중요한 요소로 본 논문에서 제시한 적응형 look-up table은 조명의 상태가 변화하는 환경에서 실시간으로 물체를 추적하는데 효과적인 방법이다.

(참 고 문 헌)

- (1) D.-Y.Kim, H.K.Park, M.J.Chung, "Robust and Fast Color-Detection using a Look-up Table", *Proceedings of International Symposium On Artificial Life and Robots*, Vol. 2, pp.650-653, 1999
- (2) T.D.Grove, K.D.Baker, T.N.Tan, "Colour Based Object Tracking", *International Conference On Pattern Recognition*, Vol. 2, pp.1442-1444, 1998
- (3) R.Schuster, "Color Object Tracking with Adaptive Modeling", *Proceedings of IEEE Symposium on Visual Languages*, pp.91-96, 1994
- (4) T.M.Chen, R.C.Luo, T.H.Hsiao, "Visual Tracking Using Adaptive Color Histogram Model", *Proceedings of IECON*, Vol. 3, pp.1336-1341, 1999.