

제37회 정기총회 및 추계학술발표회

2010년 11월 5일(금)~6일(토)
단국대학교 죽전캠퍼스



한국정보과학회

Korean Institute of Information Scientists and Engineers

증강현실을 위한 QR코드 영역 검출 및 추적 방법

박노영^{*O}, 박종희^{**}, 우운택^{**}

*한국항공대학교 컴퓨터 공학, **광주과학기술원 U-VR 연구실

*nypark0619@gmail.com, **{jpark, wwoo}@gist.ac.kr

QRCode Region Detection and Tracking Method for Augmented Reality

Nohyoung Park^{*O}, Jonghee Park^{**}, Woontack Woo^{**}

*Dept of Computer Engineering, Korea Aerospace University

**GIST U-VR Lab

요 약

본 논문에서는 증강현실 (Augmented Reality) 시스템에서 적용 가능한 표준화 된 2차원 데이터 코드인 QR코드 (Quick Response Code)의 영역 검출 및 추적 방법을 제안한다. 제안된 방법은 카메라 입력 영상에서 QR코드의 위치 마커 (Position Marker)를 영상 히스토그램을 이용하여 검출하고 위치 마커를 구성하는 정점들의 순서를 지정하여 QR코드 영역을 검출한다. 또한 QR코드 생성 시, QR코드 데이터 영역에 추적하려는 객체의 영역 정보를 저장하고, 추적 과정에서 해독 (Decode) 하여 재투영 오차를 줄이는 추적 방법을 제안한다.

제시된 방법은 $8.5 \times 8.5\text{cm}$ 크기의 QR코드를 60cm 이하의 거리에서 약 90% 인식 정확도를 확인하였고 영역 정보를 기반으로 한 추적에서는 누적 된 재투영 에러가 QR코드 영역만을 추적하는 방식에 비해 약 27%가 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 이를 통하여 제안한 방법은, 증강 현실을 활용한 출판 및 영상 분야 등 다양한 시스템에 적용이 가능 할 것으로 예상된다.

1. 서 론

최근 들어, 급속한 모바일 장치의 보급 및 모바일 환경의 발전과 더불어 다양한 형태의 2차원 바코드 (2-Dimensional Barcode)의 사용이 증가하였다. 사용자들은 모바일 단말기의 카메라를 이용하여 2차원 바코드 내부에 저장된 정보를 읽어 들어 원하는 정보를 획득한다. 이런 2차원 바코드 중 QR코드[1]는 여러 분야의 표준안으로 제시되어 최근 들어 다양한 분야에

응용되어 사용되는 대표적인 예라 할 수 있다.

증강 현실은 현실세계와 가상세계의 결합을 가능하게 하고, 실시간으로 상호작용이 일어나며, 구현이 3 차원 공간상에 존재하게 하는 기술[2]을 뜻한다. 증강 현실은 디지털 콘텐츠를 현실 공간에 이음매 없이 (Seamless) 중강시켜 가상세계와는 다른 생동감 있는

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업 (NIPA-2010-C1090-1011-0008)과 2010년도 광주과학기술원의 재원인 기본연구사업의 연구결과로 수행되었음.

멀티미디어 정보를 경험 할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 증강 현실을 실현하기 위해서는 3차원 좌표계 생성을 위한 실시간 객체 추적 기술이 핵심이라고 할 수 있다.

기존 카메라 추적 기법은 크게 두 가지로 분류 할 수 있다. 마커(Marker) 추적 방식과 비마커 (Marker-less)[3,4] 추적 방식이다. 대표적인 마커 추적 방식에는 ARTToolKit[5]이 널리 사용되고 있다. 이런 방식은 정형화된 검은색 정사각형의 마커를 사용하고 정사각형 마커 안에 그려진 패턴 정보를 이용하여 해당 마커를 인식한다. 마커 기반의 추적은 정형화 된 형태의 마커를 사용하기 때문에 인식이 쉽고 인식 속도가 빠르다는 장점을 가지고 있다. 하지만 사각형 내부의 패턴 정보를 가지고 있지 않은 경우 인식이 불가능 한 단점을 가지고 있다. 비마커 추적 방식은 입력된 카메라 영상으로부터 추적하려는 객체의 영상 정보를 매칭하여 추적하는 방식이다. 그러나 비마커 추적방식은 추적하려는 대상의 참조 영상을 학습하는 초기화 작업을 필요로 하고, 학습 정보가 없는 객체의 추적이 불가능하다.

위의 단점을 보완하기 위해 본 논문은 범용적인 사용성과 표준화 된 형태를 가지고 있는 2차원 데이터 코드인 QR코드를 기반으로 한 영역 검출 및 추적 방식을 제안한다. 제안되는 영역 검출 방법은, QR코드 위치 마커 영역을 영상 히스토그램을 이용하여 판별하고, 판별된 위치 영역의 정점을 추출하는 방식을 사용한다. 추적 방법에서는, QR코드 생성 시 데이터 영역에 추적을 위한 추가적인 영역 정보를 저장하고 추적 과정에서 해독하여 프레임간 매칭 방법을 통해 추적하는 방법을 제안한다. 실험에서 해독된 영역 정보의 추적해 QR코드 자체를 추적하는 방식에 비하여 재투영 오차를 감소시킴을 보였다.

2. QR코드 영역 검출 및 추적

2.1 QR코드 영역 검출

QR코드는 흑백 격자 무늬 패턴으로 정보를 나타내는 매트릭스 형식의 이차원 바코드이다. 일반 바코드는 한쪽 방향으로 숫자정보가 저장 가능한 반면, QR코드는 2차원 영역에 데이터 저장 구조를 가지고 있으며 숫자 외에 알파벳과 한자 등 문자 데이터를 저장할 수 있다. 입력된 영상에서 QR코드 영역을

판별하기 위한 위치 정보와 정렬 정보에 해당하는 패턴을 가지고 있다.



그림 1. QR코드 영역 정보

본 연구는 그림 1의 항목 1이 나타내는 세 개의 위치 마커의 정점 정보를 이용하여 자세를 획득하는 방법을 제안한다. 위치 마커의 영역을 판별하기 위한 방법으로 해당 영역의 영상 히스토그램을 확인하는 방식을 사용한다. 그림 2는 위치 마커의 구조와 위치 마커의 대각 선분들을 구성하는 픽셀들의 영상 히스토그램을 나타낸다. 위치 마커는 외각을 구성하는 검은 사각형 내부에 흰색과 검은 색 사각형이 계층적인 구조를 이루고 있다. 이 사각형 영역들은 1:1:3:1:1의 길이 비율을 유지하는 표준화 된 형태를 가지고 있다. 위치 마커 영역 판별을 위하여 영역 내부의 정점을 이루는 대각 선을 구성하고, 대각선을 구성하는 화소 값에 대한 영상 히스토그램을 확인하여 위치 마커 영역을 구분한다.

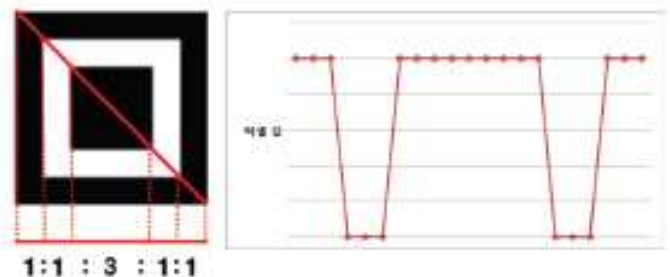


그림 2. 위치 마커의 구조 및 영상 히스토그램

본 논문에서는 QR코드 영역의 인식가능거리 향상을 위해 정렬 정보를 사용하지 않는 위치 마커 기반의 검출 방식을 제안한다. 그림 2의 항목2가 나타내는 정렬 정보는 QR코드 내부에 작은 패턴으로 구성된다. 입력 영상 내부에서 정렬 정보를 인식하기 위해서는

인식가능거리가 짧아지는 단점을 가지고 있다.

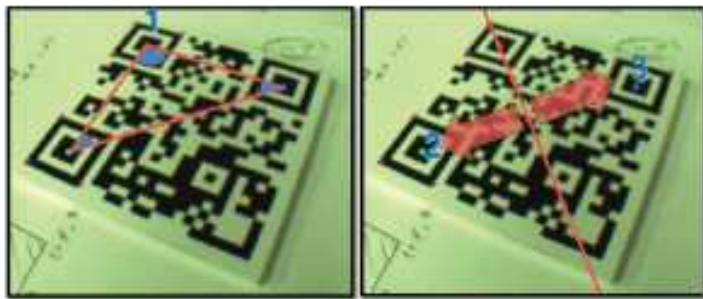


그림 3. 위치 마커 인식을 통한 방향성 부여

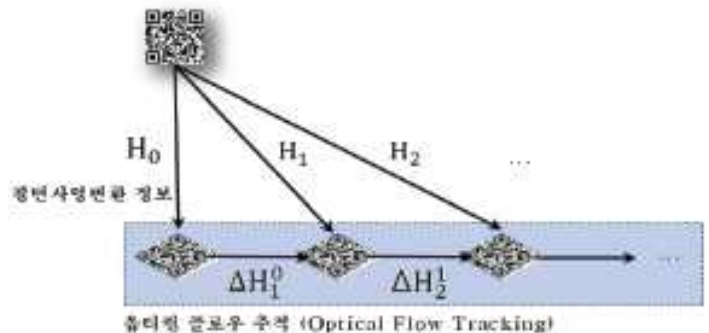
QR코드의 검출 가능거리를 향상시키기 위해 위치 마커 정보를 기반으로 한 인식을 사용한다. 정렬 정보는 QR코드의 위치 정보의 상대적인 방향성을 추측할 수 있는 유일한 정보이다. 따라서 제안된 방법은 위치 마커 정보만을 인식했을 때 QR코드의 일정한 방향성을 부여하고 각 정점의 순서를 부여하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 다음과 같다. 그림 3과 같이 위치 마커의 중점을 이은 선분들간의 내적을 이용하여 선분들 사이의 각도를 추출한다. 추출된 각도 정보를 분석하여 세 위치 마커에 해당하는 순서를 부여한다. 순서가 부여된 위치 마커 정보를 이용하여 총 12개 정점에 대한 순서를 부여할 수 있다. 순서가 정해진 12개의 정점 정보를 이용하여 QR코드의 정사영 투상 (Orthogonal Projection) 과 입력된 영상 사이의 평면사영변환 (Homography) 정보를 연산한다. 연산된 평면사영변환 행렬과 카메라 파라미터 행렬 (Intrinsic Matrix)을 이용하여 회전 및 이동 행렬로 표현되는 자세를 획득한다.

2.2 영역 정보를 활용한 QR코드 추적

본 논문에서는 QR코드 생성 시, 데이터 영역에 추적을 위한 추가적인 영역 정보를 저장하고 검출 과정에서 획득하여 프레임간 매칭 방법을 통해 추적하는 방법을 제안한다. QR코드 디코더를 이용하여 생성 시 입력하였던 객체의 영역정보를 획득하고, 획득된 영역의 초기 위치 정보에 초기 검출과정에서 획득한 평면사영변환 정보를 연산하여 현재 추적하려는 객체의 영역을 판별한다.

코너 점은, QR코드 매독 과정을 통해 얻어진 추적 객체의 영역정보에 평면사영변환 정보를 적용하여 얻어진 영상 영역 내부에서 추출한다. 따라서 QR코드

영역 외 추적 객체의 영상으로부터 코너 점을 추출하여 추적하는 것이 가능하다. QR코드의 추적은 코너 점 (Corner Point)[6] 추출하여 추출된 코너 점들의 옵티컬플로우 (Optical flow)[7]를 추적하는 방식을 사용한다. 검출 모듈에서 획득한 코드의 초기 평면사영변환 행렬에 옵티컬플로우 추적을 통한 코너 점의 변환 정보를 누적하여 현재 자세를 갱신한다.



$$H_n = H_0 \Delta H_1^0 \Delta H_2^1 \dots \Delta H_n^{n-1}$$

그림 4. 옵티컬플로우 추적을 통한 자세 갱신

옵티컬플로우를 이용한 추적 방식은 새로운 프레임의 정보를 지속적으로 누적하여 갱신하기 때문에 에러가 누적된다. 따라서 에러를 최소화 하기 위하여 재투영 에러 (Reprojection Error)를 확인하고 일정 임계치 (Threshold)를 벗어난 코너 점은 삭제한 후 변환 행렬을 갱신한다.

3. 구현 및 실험

제안한 기법의 유용성을 검증하기 위하여, 코어 2 듀오 2.99 (Core 2 Duo) CPU 2.66 GHz와 NVidia GTX 280 사양의 컴퓨터를 사용하여 구현 및 실험을 진행하였다. 카메라는 Logitech사[8]의 QuickCam을 사용했다. 640×480 해상도 영상에서 실험을 진행하였고, 알고리즘 구현은 행렬 연산 및 영상처리를 위한 Open Computer Vision (OpenCV) 라이브러리[9]를 사용하였다. 실험 환경은 640×480 해상도의 입력 영상을 사용하였고, 8.5×8.5cm 크기의 QR코드를 사용하여 실험하였다.

구현 결과, 그림 5에서 보는 바와 같이 입력영상에서 QR코드의 위치 마커 영역을 정확히 검출한 것을 확인하였다. 위치 마커 영역 외의 애러로 간주되는

영역들은 영상 히스토그램의 판별 방식을 사용하여 구분을 가능하게 한 것을 확인하였다.

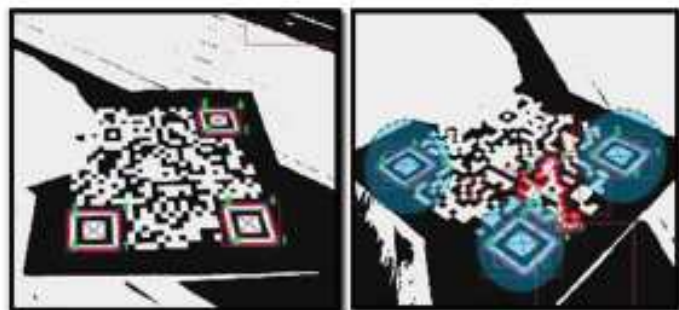


그림 5. 위치 마커 영역 및 정점 검출

검출된 12개의 정점 정보를 이용하여 평면사영변환 후 투상행렬 (Projection Matrix)을 이용하여 자세를 획득하고 x,y,z 축을 투영 한 결과를 그림 6을 통하여 확인하였다.



그림 6. QR코드 검출 및 자세 추정

그림 7을 통하여 QR코드 디코더를 이용하여 생성 시 입력하였던 객체의 영역정보를 해독하고, 해독 된 영역의 초기 위치 정보에 초기 검출과정에서 획득한 평면사영변환 정보를 연산하여 현재 추적하려는 객체의 영역을 추적 한 것을 확인 할 수 있다.



그림 7. 영역 정보 기반 추적

제안 된 QR코드 검출 방식의 성능 확인을 위하여 QR코드의 중점으로부터 카메라의 중점을 정사영 투상을 유지하며 10cm 단위로 QR코드를 검출 실험을 진행하였다. 그림 8은 거리에 따른 검출 횟수를 그래프로 나타낸 것이다. 실험 결과 제안하는 검출 알고리즘은 검출 거리가 60cm 이하의 경우 90.33%의 검출률을 확인하였다.

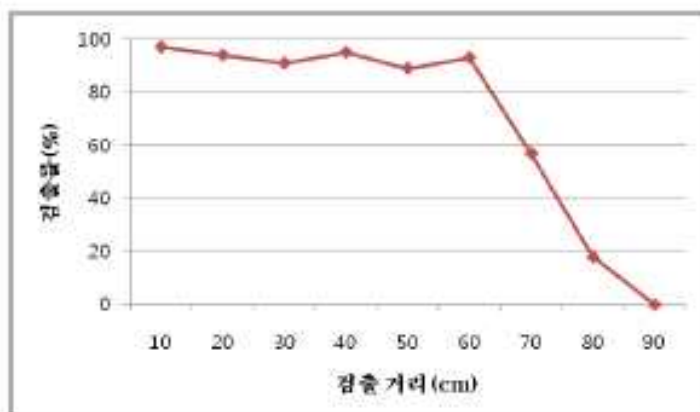


그림 8. 거리에 따른 검출 빈도 수 측정

제안하는 추적 방식의 정확도를 확인하기 위해 추적 방식에 따른 재투영 에러 값을 확인하였다. 동일한 시퀀스를 가지는 영상을 대상으로 두 방식에 대한 에러 값의 누적을 확인 한다. 에러 값은 재투영 픽셀과 원 픽셀과의 거리 차를 이용하여 정의 하였다. 그림 9를 통하여 영역 정보 기반의 추적 방식이 QR코드 영역 자체만을 추적하는 방식에 비하여 27.64%의 에러 값을 감소 한 것으로 확인 할 수 있었다.

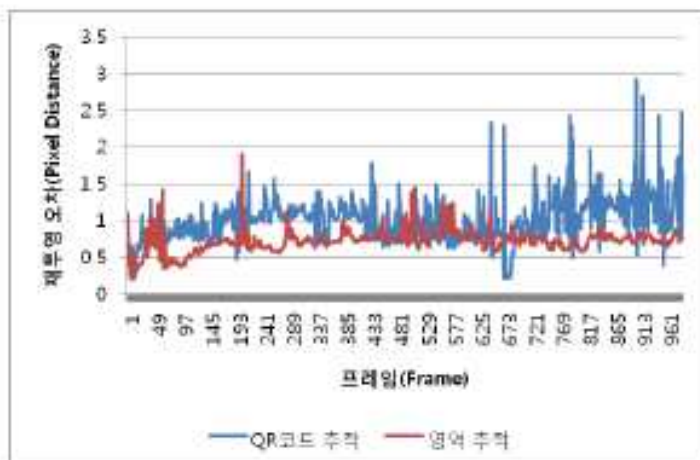


그림 9. 추적 방식에 따른 에러 값 누적 수

4. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 QR코드를 이용한 실시간 검출 및 추적 기술을 제안하였다. 제안된 검출 기술은 일정 거리와 각도 내에서 90.33%의 검출률을 나타내는 것을 확인하였다. 또한 QR코드 내부에 저장된 영역 정보를 기반으로 추적 방법을 제안하였다. 제안된 방식은 QR코드 영역만을 추적하는 방식에 비해 27.54%의 에러를 줄여 증강하는 객체의 자세를 강건하게 유지하는 것을 가능케 했다. 향후 연구로, 제안 하는 방식을 향상시켜 인식 가능 거리를 개선하는 연구와 여러 QR코드를 한 영상에서 인식하는 추적방식의 개발이 이루어 질 예정이다. 향후 2D 태그 분야의 통합 및 표준화에 제안된 알고리즘이 증강 현실을 활용한 출판 및 영상 분야 등 다양한 시스템에 적용이 가능 할 것으로 예상된다.

■ 참고 문헌

- [1] Denso-Wave, About 2D Code | QR Code.com
Retrieved 2009-04-23.
- [2] Ronald T. Azuma, "A Survey of Augmented Reality", In Presence: Teleoperators and Virtual Environments 6, 4 (August 1997).
- [3] V.Lepetit, P.Lagger, P.Fua, "Randomized trees for real-time keypoint recognition", IEEE Computer Computer Vision and Pattern Recognition, vol.2 pp775-781, May. 2005
- [4] Lowe, David G. (1999). "Object recognition from local scale-invariant features". Proceedings of the International Conference on Computer Vision. 2. pp. 1150-1157.
- [5] H. Kato and M. Billinghurst, "Marker Tracking and HMD Calibration for a video-based Augmented Reality Conferencing System", IWAR99, October. 1999.
- [6] M Trajkovi, M Hedley, "Fast corner detection", Image and Vision Computing, 1998 - Elsevier
- [7] J. L. Barron, D. J. Fleet and S. S. Beauchemin "Performance of optical flow techniques", International Journal of Computer Vision, 1994.
- [8] Logitech ©,
<http://www.logitech.com/>
- [9] OpenCV Library,
<http://sourceforge.net/projects/opencv/>