
맥락 정보를 이용한 장방형 마커 인식 및 증강현실 응용

Rectangular Marker Recognition using Embedded Context Information

이원우, Wonwoo Lee*, 우운택, Woontack Woo**

요약 증강 현실 응용 분야에서 널리 쓰이고 있는 마커는 단순히 마커를 구분하기 위한 ID에 대한 정보만을 가지고 있기 때문에 마커의 크기를 미리 알고 있어야 하며, 한 종류의 마커만을 사용할 수 있는 제약이 있었다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서 본 논문에서는 맥락정보를 포함하는 마커 디자인 및 해석 방법을 제안한다. 제안된 마커 디자인은 마커의 ID 정보 외에, 마커의 종류, 크기 및 회전 정보를 마커 내부에 2차원 바코드의 형태로 포함한다. 이와 같은 마커의 맥락 정보를 마커의 패턴에 저장함으로써 여러 종류의 마커를 사용할 수 있다. 그 외에도 마커의 크기 정보를 바탕으로 서로 다른 크기를 갖는 마커들 사이에 일관성을 유지하면서 동일한 비율로 콘텐츠를 증강하는 것이 가능하며, 가로/세로 비율이 알려져 있지 않은 직사각형의 마커들도 인식이 가능하다. 마커에 담긴 맥락 정보를 바탕으로 마커를 인식함으로써, 제안된 마커 디자인은 불특정 다수의 마커들이 존재하는 모바일 증강현실에 유용하게 쓰일 수 있다.

Abstract Fiducial markers have been used frequently in augmented reality applications. However, they represent only ID information to identify a marker, and thus they have limitations when we have multiple types of markers. In this paper, we propose a new marker design for augmented reality applications. We embed a marker's context, such as type, size, orientation, and ID, in the barcode that has been used just for storing an ID. By embedding the context information, it is possible to recognize multiple types of markers at once and to render corresponding contents with proper scale. Our marker design can be used in a mobile augmented reality environment where many unknown types of markers may exist.

핵심어: *Augmented reality, fiducial marker, marker recognition, context*

본 연구는 문화체육관광부 및 한국문화콘텐츠진흥원의 문화콘텐츠기술연구소육성사업의 연구결과로 수행되었음.

*주저자 : 광주과학기술원 정보통신공학과 박사과정 e-mail: wlee@gist.ac.kr

**교신저자 : 광주과학기술원 정보통신공학과 교수 e-mail: wwwoo@gist.ac.kr

1. 서론

마커는 제작 및 사용이 편리하고, 실내 환경에서 강건한 결과를 보여주기 때문에 증강현실 분야에서 폭넓게 사용되어 왔다. 증강현실 응용에 주로 쓰이는 마커들은 크게 ARToolkit 형태와 2D 바코드 형태의 두 가지로 분류할 수 있다. 그 중 하나는 ARToolkit 에서 쓰이는 마커로서, 검은 색 사각형 내부에 그림이나 문자와 같은 특정 패턴이 들어가 있는 형태이다 [1]. 또 다른 하나는 2D 바코드 형태를 가진 것으로, 사각형 테두리 내부의 빈 공간을 격자 형태로 나누고 마커의 ID를 이진화하여 격자에 저장한다 [2].

ARToolkit에서 쓰이는 마커는, 테두리 내부에 문자나 숫자, 그림 등을 넣어서 사용하므로 사람이 마커가 나타내는 바를 파악할 수 있는 반면, 바코드 형태의 마커는 마커가 갖는 의미를 알 수 없다. 또한 2D 바코드들 중 QRCode[5], Data Matrix[6] 등은 증강 현실을 위해 만들어진 것들이 아니므로 증강현실 응용에는 적합하지 않다. 그 외에도 약간 변형된 형태의 마커로서 다른 형태의 마커들로 마커의 외곽선을 따라 이진 패턴을 저장하는 프레임 마커 (Frame marker)와 좌우의 경계선을 없앤 분할된 마커 (Split marker) 등이 제안되었다 [4].

증강현실 응용에서 마커는 크게 두 가지 목적으로 사용된다. 첫 번째로, 마커를 식별하여 현재 카메라를 통해 보이는 마커를 구분하고, 그에 대응하는 콘텐츠를 선택하거나 기능을 수행하는 것이다. 서로 다른 두 마커는 ID를 통해 구분되며, 마커의 ID를 얻기 위해 ARToolkit 마커는 마커 내부의 패턴을 비교하는 방법을 사용하고, 2D 바코드 마커의 경우는 이진 패턴에서 직접 ID를 얻는 방법을 사용한다. 마커 사용의 두 번째 목적은 마커를 통해 가상 공간과 현실 공간을 정합하는 것이다. 이를 위해 마커의 네 개의 꼭지점들 및 미리 알려진 마커의 폭과 너비로부터 현재 카메라가 바라보는 자세를 추정하고, 추정된 자세를 통해 가상 콘텐츠를 마커 위에 증강한다.

기존의 마커들의 경우 마커의 패턴에는 마커의 ID 정보만이 담겨 있기 때문에 마커 활용에 있어서 다음과 같은 몇 가지 제약점이 있다. 먼저 증강현실 응용 시스템을 구성할 때 서로 다른 종류의 마커를 사용하기 어렵다는 점이다. 사용하는 마커의 종류는 마커 인식 방법에 따라 정해지기 때문에 여러 종류의 마커를 인식하기 위해서는 각각의 마커에 대해 모든 인식 방법을 적용해 보아야 한다. 이 경우, 마커의 개수가 늘어날수록 인식하는데 필요한 계산량 역시 함께 증가한다. 또한 카메라의 자세 추정을 위해 쓰이는 마커의 크기 정보가 미리 정의되어 있으므로 가상공간과 현실 공간의 일관성 있는 정합을 위해서는 쓰이는 모든 마커들의 크기가 동일해야 한다. 크기가 서로 다른 마커를 사용하는 경우, 각 마커마다 증강된 콘텐츠의 크기가 달라진다.

이러한 문제점을 극복하기 위해 본 논문에서는 맥락 정보를 포함하고 있는 마커 디자인 및 해석 방법을 제안한다. 제안된 마커는 2D 바코드 형태의 마커로서, 마커의 바코드부에 마커의 ID 외에도 마커의 종류, 크기, 회전정보 등의 맥락정보를 저장하고 있다. 마커의 종류에 대한 정보를 통해 마커 인식 시 마커의 종류에 따라 서로 다른 해석 방법을 적용함으로써 다양한 종류의 마커를 인식할 수 있다. 또한 크기 정보를 기반으로 일관성 있는 비율 가상공간과 현실 공간의 정합이 가능하며, 정사각형이 아닌 직사각형 형태의 마커도 인식이 가능하다. 마커의 맥락 정보는 이진화를 통해 비트 형태로 저장되며, 마커의 종류에 따라 서로 다른 방법으로 마커 내부에 저장된다. 마커 해석은 먼저 마커 영상으로부터 이진수 배열을 얻고, 이를 마커의 종류에 따라 적절한 디코더를 사용해서 해석함으로써 이루어진다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 마커에 포함되는 맥락정보 및 정보의 인코딩 방법을 설명한다. 3장에서는 실험결과를 보이고, 4장에서는 결론 및 향후 연구에 대해서 논한다.

2. 마커 맥락 정보의 인코딩

제안된 마커는 마커의 맥락 정보를 이진화 하여 바코드 형태로 저장한다. 마커의 맥락 정보로는 마커의 종류, 크기, ID 및 회전 정보를 사용한다. 각각의 정보는 다음과 같은 방법을 통해 인코딩 된다.

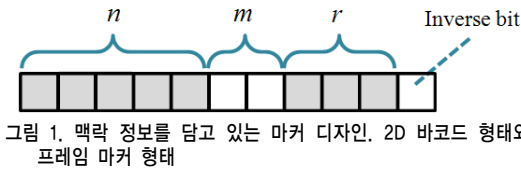
2.1 마커의 종류

마커의 종류에 대한 정보는 여러 종류의 마커가 존재할 때, 각각의 마커를 인식하기 위해 모든 가능한 인식 방법을 적용해 보는 대신 마커의 종류에 따라 적절한 인식 방법을 적용할 수 있도록 한다. 마커의 종류에 대한 정보의 인코딩은 인식하고자 하는 마커의 종류에 따라 한 자리 숫자를 부여하고 이를 이진수로 나타냄으로써 이루어진다.

나타내고자 하는 마커의 종류가 n 개 라면 $n \leq 2^k$ 를 만족하는 k 의 최소값이 마커 종류를 나타내는데 필요한 비트 (Bit) 수가 된다. 예를 들어 마커의 종류가 7개라면 모든 종류의 마커를 나타내기 위해서는 3 비트가 필요하다.

2.2 마커의 크기

마커의 크기는 마커의 4개의 꼭지점들로부터 카메라의 3D 자세를 추정하는데 반드시 필요한 정보이다. 기존의 방법들은 마커의 크기가 미리 알려져 있다는 가정을 두고 있으므로 하나의 응용 어플리케이션에서 사용하는 마커들의



크기가 모두 동일해야 한다는 제약이 있었다. 그렇지 않을 경우 각각의 마커로부터 추정되는 3D 좌표계의 비율이 달라지므로, 동일한 크기의 가상 콘텐츠가 서로 다른 크기로 정합된다는 문제점이 있다.

맥락 정보로서의 마커의 크기는 마커의 크기는 마커의 가로 및 세로의 길이를 다음과 같이 정의하여 이진화한다. 가로는 $n \times 10^m$ 과 같이 나타내고 n 과 m 을 이진수로 바꾼다. 세로 길이의 경우 가로에 대한 비율 r 을 이진수로 바꾼다. 이 때, 가로 또는 세로 어느 쪽이 더 긴 쪽인지를 나타내는 역수 비트를 1 비트 추가한다.

2.3 마커의 회전 정보

마커의 회전 정보는 마커의 바코드를 해석하는 방향을 알려주는 정보이다. 마커의 회전 정보가 없는 경우, 바코드 해석을 시작하는 방향을 알 수 없다. 따라서 가능한 경우의 수인 4 방향에 대해 마커 해석을 시도해 보아야만 올바른 마커의 내부 정보를 추출할 수 있다. 그러나 회전 정보가 알려진 경우 마커 내부의 바코드를 곧 바로 해석하는 것이 가능하다.

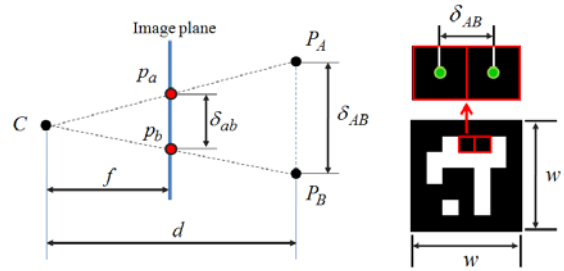
마커의 회전 정보는 마커에 저장된 이진수 bit들 중, 특정 위치에 존재하는 비트들을 미리 정해진 패턴으로 저장한다. 본 논문에서는 마커의 바코드 부분의 격자들 중 상하 좌우 각 꼭지점에 위치한 4개의 비트들을 사용한다. 4개의 비트들 중 3개에는 0을 나머지 하나에는 1의 값을 부여함으로써 바코드를 해석하는 방향을 알 수 있다.

2.3 마커의 ID

마커의 ID는 마커를 식별하는 숫자이며, 서로 다른 ID를 갖는 마커는 서로 다른 마커로 인식된다. 마커의 ID는 양의 정수이며, ID를 이진수로 바꾸고 이를 저장한다. 마커의 ID는 할당된 비트 수에 따라 나타낼 수 있는 숫자가 결정된다. n 개의 비트가 할당되었다고 할 때 마커의 ID는 총 2^n 개를 나타낼 수 있다.

2. 마커의 사용 가능 범위 추정

지금까지 설명한 바와 같이 바코드로 구성된 마커는 내부



의 이진 패턴으로부터 정보를 추출해 내기 때문에 마커와 카메라 사이의 거리, 또는 마커의 크기에 따라 마커 내부의 이진 패턴을 인식할 수 있는 범위가 달라진다. 마커와 카메라 사이의 거리가 멀수록 마커의 인식률은 떨어지게 되는데, 그 원인은 카메라와 마커 사이의 거리가 멀어질수록 마커 내부의 패턴이 영상에 작게 나타나게 됨으로써, 패턴을 정확하게 인식하지 못하기 때문이다. 따라서 마커를 적절하게 사용하기 위해서는 마커 제작 시 마커와 사용자 사이의 거리에 따라 마커의 크기를 적절하게 결정해 줄 필요가 있다.

그림 2와 같이 마커의 한쪽 폭이 w 이고 내부의 이진 패턴을 담는 격자의 해상도가 $m \times m$ 인 정방형 마커에 대해 마커로부터 거리 d 만큼 떨어진 곳에서 카메라 C 가 수직으로 마커를 바라보는 경우를 고려해 보자. 3D 공간에 위치한 마커의 인접한 두 비트들의 중심을 각각 P_A, P_B 라 하고 두 점사이의 거리를 δ_{AB} 라고 정의한다. 카메라의 영상에 P_A, P_B 가 투영된 점을 p_a, p_b 라 하고, 이들 사이의 거리를 δ_{ab} 라고 한다. 또한, 카메라의 렌즈 왜곡은 존재하지 않는 것으로 가정한다. 카메라의 초점 거리를 f 라고 하면, 삼각형의 닮음비에 의해 δ_{ab} 를 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$\delta_{ab} = \frac{f}{d} \delta_{AB} \quad (1)$$

또한 마커의 크기 w 는 δ_{AB} 와 식 (2)와 같은 관계가 있다. 아래 식에서 t 는 마커의 한 비트가 갖는 크기와 마커의 외곽선의 두께 사이의 비율이다.

$$\delta_{AB} = \frac{w}{m + 2t} \quad (2)$$

식 (1)과 (2)로부터 마커의 크기 w 는 식 (3)과 같이 얻는다. 식 (3)에서 δ_{ab} 는 카메라를 통해 획득된 마커 영상에서 마커의 한 비트가 점유하는 영역의 크기와 같으므로 δ_{ab} 를 결정하면 거리 d 에 따라 인식 가능한 마커의 최소 크기를 얻을 수 있다.

$$w = \frac{d}{f}(m + 2t)\delta_{ab} \quad (3)$$

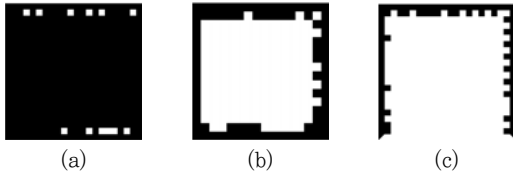


그림 3. 맥락 정보를 담고 있는 마커 디자인. 2D 바코드 형태와 프레임 마커 형태 (a) 2D 바코드 형태 (b)(c) 프레임 마커 형태

3. 구현 및 실험

제안된 마커 디자인을 적용하기 위해 그림 3과 같은 세 종류의 마커를 디자인 하여 실험을 진행하였다. 모든 실험에는 640x480 크기의 영상과 2.5GHz 의 CPU를 PC가 사용되었다. 그림 2(a)는 기존의 2D 바코드와 동일한 형태를 취하는 마커이고, 그림 3(b)와 (c)는 마커의 외곽선을 따라서 정보를 저장한 프레임 마커[4] 형태이다. 마커의 맥락 정보를 담기위해 각각의 정보에 할당된 비트 수는 표 1에 보인 것과 같다.

표 1. 맥락 정보 저장에 사용된 비트 수

맥락 정보	비트 수
마커 종류	2
마커 크기	11
회전 정보	4
마커의 ID	12

그림 4는 동일한 크기를 갖는 마커와 서로 다른 크기를 갖는 마커에 대한 콘텐츠 증강 결과를 나타낸 것이다. 기존

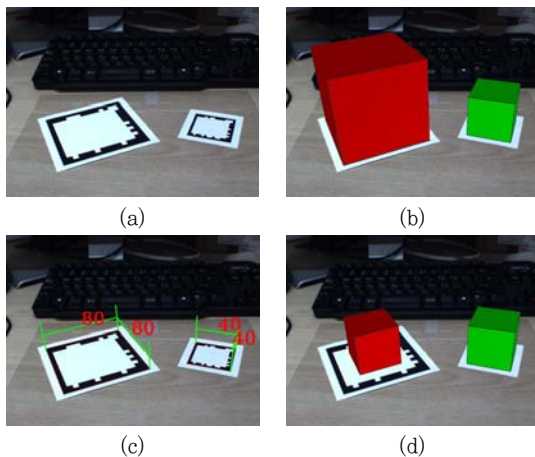


그림 4. 서로 다른 크기의 마커에 대한 콘텐츠 증강 결과 (a) 입력 영상 (b) 마커의 크기 정보가 없는 경우 (c) 마커로부터 추출된 마커의 크기 정보 (d) 마커의 크기 정보가 있는 경우

의 마커와 같이 마커의 크기를 미리 가정하고 콘텐츠를 증강하는 것을 고려할 때, 마커의 크기가 동일한 경우는 콘텐츠의 크기 역시 동일하게 나타나지만 마커의 크기가 서로 다르다면 그림 4(b)와 같이 콘텐츠의 크기 역시 다르게 표시된다. 그러나 제안된 마커 디자인은 마커에 크기 정보가 포함되어 있으므로 그림 4(c)와 같이 마커의 크기 정보를 마커로부터 직접 알아낼 수 있으며, 추출된 마커 크기 정보를 바탕으로 그림 4(d)와 같이 마커의 크기에 관계없이 일정한 비율로 가상 콘텐츠를 실제 영상에 정합할 수 있다.

그림 5는 서로 다른 가로/세로 비율을 갖는 마커들에 대한 인식 및 증강 결과를 나타낸 것이다. 그림 5(a)에서 마커 ①은 세로가 더 긴 비율을 갖는 2차원 바코드 형 마커이며, 마커 ②는 가로가 세로보다 더 긴 비율을 갖는 프레임 마커 형태이다. 마커 ③은 가로 세로 길이가 동일한 정방형 프레임 마커이다. 각각의 마커는 종류 및 크기가 모두 다르기 때문에 기존의 방법과 같이 마커의 종류 및 크기를 동일하게 가정하고 마커를 인식하는 접근 방법으로는 인식이 불가능하다. 제안된 마커 디자인은 마커의 크기 정보를 통해 마커의 가로/세로 비율을 알아낼 수 있으므로 각각의 마커가 서로 다른 비율을 갖더라도 인식이 가능하다. 그림 5(b)에서는 각각의 마커위에 동일한 크기의 육면체를 마커에 따라 다른 색으로 증강한 것이다. 그림 5(b)의 콘텐츠 증강 결과 역시 각 콘텐츠가 일정한 비율을 유지하고 있는 것을 알 수 있다.

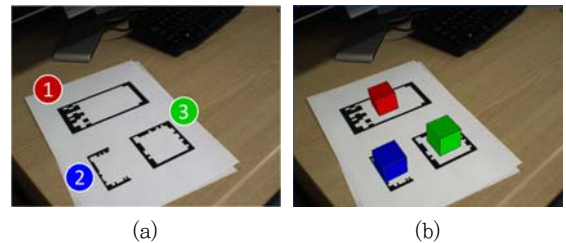


그림 5. 서로 다른 비율을 갖는 마커들에 대한 인식 및 콘텐츠 증강 결과 (a) 입력 영상 (b) 마커 인식 및 가상 객체 정합 결과

식 (3)을 통해 추정할 수 있는 마커의 크기 w 와 δ_{ab} 사이의 관계를 실제 데이터의 경우와 비교해 보기 위해 다음과 같은 실험을 진행하였다. 마커의 크기 w 를 일정하게 유지하고, 마커와 카메라 사이의 거리를 변화시키면서 마커 영상을 획득하고, 실제로 마커 영상에서 한 비트가 점유하는 크기를 측정하고 이를 식 (3)을 통해서 추정된 값 δ_{ab} 와 비교하였다. 실험에서 사용된 마커의 크기는 $w=68cm$ 이었고, 마커와 카메라 사이의 거리는 $5cm$ 씩 증가하도록 하였다. 실제 영상에서 한 비트의 크기는 이진화 된 영상에서 측정되었다. 그림 5 는 두 값의 비교 결과를 보인 것이다. 식 (3)에서 추정된 결과와 실제 값이 약간의 차이를 보이고 있으나 식 (3)을 통해 추정된 값이 실제 값의 변화 추이를 잘

반영하고 있는 것을 알 수 있다. 따라서 식 3을 통해 추정된 마커의 크기를 신뢰할 수 있다는 것을 알 수 있다.

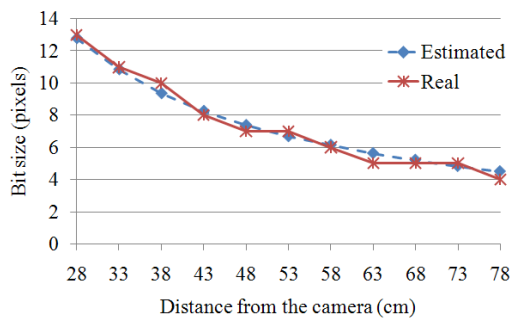


그림 5. 마커의 개수에 따른 인식 과정별 소요 시간

제안된 마커 디자인은 마커로부터 ID 정보 외에 다른 맥락 정보들을 해석하는 과정이 포함되어 있다. 따라서 마커를 해석하는 과정에서 기존의 마커들과 비교할 때 더 많은 계산량을 필요로 한다. 표 2는 마커 인식 과정의 각 단계별로 필요한 시간을 측정한 결과를 보인 것이다. 맥락 정보의 해석에 필요한 시간은 0.08ms 정도로 매우 짧으므로 마커의 ID 외에 추가로 맥락 정보를 인식하는데 무리가 없다는 것을 알 수 있다.

표 2. 마커 인식에 걸리는 시간 측정 결과

마커 인식 단계	시간 (ms)
이진 영상 생성	2.58
외곽선 검출	1.86
맥락 정보 해석	0.08
3D 자세 추정	0.22

그림 6은 마커의 개수가 증가함에 따라 마커 인식 속도의 변화를 나타낸 것이다. 마커의 개수가 증가하여도 마커 인식에 걸리는 시간은 큰 차이가 없는 것을 알 수 있다. 컬러 영상으로부터 이진 영상을 생성하는 과정은 영상 내부의 마커 개수와 관계없이 영상 전체에 대해 수행하는 과정이므로 거의 일정한 시간에 이루어진다. 마커의 개수가 증가함에 따라 마커의 맥락 정보를 해석하는 디코딩 과정에 걸리는 시간도 증가하는 추세를 보이고 있으나 외곽선 검출이나 카메라의 자세 추정에 비해 증가하는 속도가 낮다. 따라서 추가된 정보를 해석하는 과정이 마커 인식 속도에 큰 영향을 미치지 않는다는 사실을 확인할 수 있으며, 실제로 마커를 인식할 때 속도의 향상을 기대할 수 있는 부분은 외곽선 추출과 자세 추정이다.

5. 결론

본 논문에서는 맥락 정보를 포함하는 마커 디자인을 제안하였다. 기존의 마커가 ID 정보만을 가지고 있는 것에 반해,

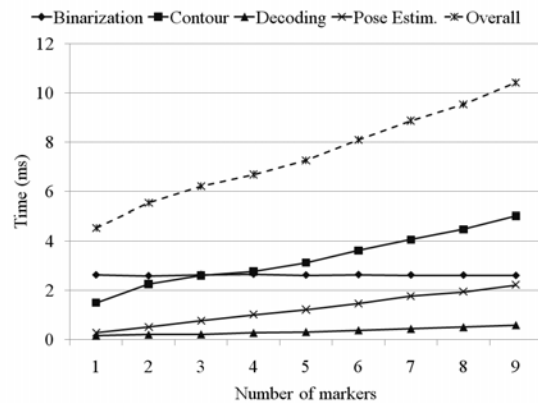


그림 6. 마커의 개수에 따른 인식 과정별 소요 시간

제안된 마커 디자인은 마커의 종류, 크기, 회전정보 등의 맥락 정보를 포함함으로써 여러 종류의 마커를 인식하는 것이 가능하고, 크기가 서로 다른 두 마커들 사이에 일관성 있는 비율로 콘텐츠를 표시하는 것이 가능하다. 제안된 마커 디자인은 불특정 다수의 마커들이 존재하는 모바일 증강현실에서 유용하게 쓰일 수 있을 것으로 보인다. 향후에는 현재 사용하는 맥락 정보 외에 추가로 의미 있는 정보를 담는 것에 대한 연구를 진행할 예정이다.

참고문헌

- [1] H. Kato, M. Billinghurst, "Marker Tracking and HMD Calibration for a video-based Augmented Reality Conferencing System," In Proc. of the 2nd International Workshop on Augmented Reality, 1999.
- [2] M. Fiala, "ARTag, a Fiducial Marker System Using Digital Techniques," International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 590-596, 2005.
- [3] D. Wagner, D. Schmalstieg, "ARToolKitPlus for Pose Tracking on Mobile Devices," Proceedings of 12th Computer Vision Winter Workshop 2007.
- [4] D. Wagner, T. Langlotz, D. Schmalstieg, "Robust and unobtrusive marker tracking on mobile phones," Mixed and Augmented Reality, 7th IEEE/ACM International Symposium on, pp. 121-124, 2008.
- [5] QRCode, International Organization for Standardization, Information technology: Automatic identification and data capture techniques - Bar code symbology - QR Code (ISO/IEC 18004:2000), 1st edition, 2000.
- [6] DataMatrix, International Organization for Standardization, Information technology: Automatic identification and data capture techniques - Bar

code symbology – Data Matrix (ISO/IEC | 16022:2000), 1st edition, 2000.