

<http://dx.doi.org/10.7236/JIWIT.2012.12.6.199>

JIWIT 2012-6-25

## 스마트폰 자이로센서를 이용한 Frontal-View 변환 알고리즘 설계 및 구현

### Design and Implementation of Frontal-View Algorithm for Smartphone Gyroscopes

조대균, 박석천\*

Dae-Kyun Cho, Seok-Cheon Park

**요 약** 본 논문에서는 스마트폰의 자이로센서를 이용하여 다양한 각도에서 촬영한 현실세계의 객체를 증강현실을 위한 자연 마커로 사용할 수 있도록 가상의 Frontal-View로 변환할 수 있는 알고리즘을 설계하고 구현하였다. 제안한 알고리즘은 pitch, roll, yaw 3축에 대한 회전행렬을 획득하여 대상 이미지에 대한 yaw의 기준점을 설정하였다. 그 후 대상 이미지가 바닥, 벽면, 천장 중 어느 면인지 판단하여 그에 대한 회전 행렬을 보정하였다. 마지막으로 자이로 센서 좌표계와 영상 좌표계 사이의 차이를 고려해 Frontal-View를 얻기 위한 호모그래피 행렬을 획득하여 투영변환을 통해 촬영 영상으로부터 Frontal-View를 획득할 수 있도록 설계하였다. 구현된 Frontal-View 변환 프로그램을 평가하기 위해 바닥, 벽면, 천장에 대해 주변 환경을 스마트폰 환경에서 촬영한 영상을 Frontal-View로 변환하도록 테스트를 한 결과 본 논문에서 설계 및 구현한 변환 알고리즘이 여러 각도에서 촬영한 영상을 정상적으로 Frontal-View로 변환하는 것을 확인하였다.

**Abstract** Attempt to use as a marker of natural objects directly in the real world, but there is a way to use the accelerometer of the smartphone, to convert the Frontal-View virtual, because it asks only the pitch of the camera, from the side there is a drawback that can not be converted to images. The proposed algorithm, to obtain the rotation matrix of axis 3 pitch, roll, yaw, we set the reference point of the yaw of the target image. Then, to compensate for the rotation matrix to determine Myon'inji any floor, wall, the ceiling of the target image. Finally, to obtain the homography matrix for obtaining the Frontal-View to account for the difference between the gyro sensor coordinate system and image coordinate system, so we can get the Frontal-View from the captured images through the projection transformation was designed. Was tested to convert Frontal-View the picture was taken in an environment smartphone environment surrounding floor, walls and ceiling in order to evaluate the conversion program Frontal-View has been implemented, in this paper, design and The conversion algorithm implementation, it was confirmed that to convert a regular basis Frontal-View footage taken from multiple angles.

**Key Words** : Augmented Reality, Texture Marks, Smart Phones, Gyroscopes, Frontal-View conversion algorithm

\*정회원, 가천대학교 컴퓨터공학과

접수일자 : 2012년 11월 30일, 수정완료 : 2012년 12월 13일

게재확정일자 : 2012년 12월 14일

Received: 30 November 2011 / Revised: 13 December 2012 /

Accepted: 14 December 2012

\*Corresponding Author: [spark@gachon.ac.kr](mailto:spark@gachon.ac.kr)

Dept. of Computer Engineering, Gachon University, Korea

## I. 서 론

증강현실은 실제로 눈에 보이는 현실 세계에 가상의 객체를 혼합하여, 실제 현실 세계에 있는 것처럼 보이는 기술이다. 단순히 컴퓨터로 구현한 가상현실보다 보다 현실감 있게 느껴지게 때문에, 증강현실 기술은 절실히 요구되고 있다. 그리고 모바일의 기술의 발전과 함께 증강현실을 현재의 스마트폰에서도 사용할 수 있도록 되었다.

증강현실을 구현하는 대표적인 기술은 마커를 이용한 방법인데, 마커기반 증강현실은 미리 정의된 마커를 이용해서 증강현실을 만드는데, 증강현실을 사용하려는 물체마다 마커를 부착해야하는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 해결하기 위한 마커가 없는 실제 사물을 이용한 증강 현실 기술인 텍스처 기반 증강현실이 있다. 텍스처기반 증강현실은 자연마커로 불리는 이미지에 나타난 텍스처 정보를 이용하는 방법이 있다. 이러한 텍스처 기반 증강현실을 구현하기 위해서는 자연 마커를 미리 등록하고, 전 처리를 해야한다. 하지만 자연마커는 단점은 정방향에서 미리 촬영하거나 미리 스캔된 이미지를 사용해야하는 점이다<sup>[1][2]</sup>.

또한 스마트폰에서 증강현실을 촬영하는 연구로는 스마트폰의 기술기를 통해 Frontal-View로 변환하는 방법을 사용하는데, 이 방법은 한 가지 축에 대해서만 이용하기 때문에 정면이 아닌 측면 영상의 경우 적용하는 것이 어렵다<sup>[3]</sup>.

따라서 본 논문에서는 스마트폰의 자이로 센서를 이용하여 기존의 한가지 축만 연구하는 방법에서 3축의 회전 에 대하여 적용가능하도록 개선하여 다양한 각도에서 촬영한 현실 세계의 객체를 증강현실을 위한 자연 마커로 사용할 수 있도록 가상의 Frontal-View 변환하는 알고리즘을 제안한다.

## II. 관련연구

### 1. 증강현실

증강현실(augmented reality: AR)은 일반적으로 가상 환경/현실에서 파생한 것으로 실제 환경에 컴퓨터 그래픽 영상을 삽입한 실제와 가상 영상의 혼합을 뜻한다.

일반적인 디스플레이 기술은 Head Mounted Display (HMD)와 Non See Though HMD의 방법이 있는데,

HMD는 머리에 안경과 같은 디스플레이 장치를 사용하는 것이고, Non See Though HMD는 카메라를 통해 카메라를 통해 얻어낸 현실 세계의 영상과 가상의 객체를 접목시키는 방법이다<sup>[4]</sup>.

증강현실에서 구현에 있어서 현실 세계와 가상 객체를 정확히 원하는 위치에 증강을 시키기 위해서는 어떤 지점의 3차원 좌표가 필요하며, 이 좌표는 카메라를 기준으로 하는 좌표값으로 사용한다. 이론적으로 자세히 표현하려면 카메라가 2대가 필요하지만, 그러나 대부분은 편의상 한 대로 카메라를 이용해서 위치를 파악한다. 따라서 증강현실 연구자들은 대부분 마커를 이용하여 이를 해결하고 있다. 마커는 컴퓨터 비전 기술로 인식하기 쉬운 영상 특징들로 구성된 객체로 주로 검은 사각형의 평면 문양을 이용한다<sup>[5]</sup>. 다음은 그림 1은 마커기반 증강현실을 나타낸 그림이다.

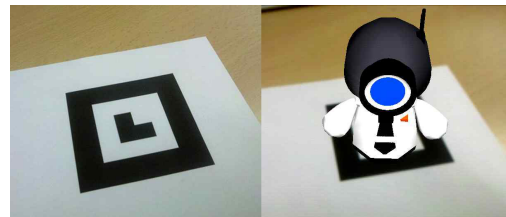


그림 1. 마커의 예 및 마커 기반 증강현실  
Fig 1. Examples of markers and Marker-based augmented reality

또한 마커가 없는 경우 객체를 여러 방향과 거리에서 인식하는 방법으로는 텍스처를 이용한 방법이 있다. 이것은 자연 마커로 사용된 텍스처에서 특징점들을 추출하고 현실 세계의 영상에서 추출된 특징점들과 비교를 하여 3차원의 위치를 파악하는 방법으로 Natural Feature Tracking (NFT)라 한다<sup>[6][7][8]</sup>.

### 2. 기존의 Frontal-View 생성 알고리즘

텍스처 기반 증강현실에서 사용할 자연 마커를 사용하는 기존의 Frontal-View 생성 알고리즘은 스마트폰의 가속센서를 이용하여 스마트폰의 카메라가 촬영대상과 이루는 각도중 pitch를 활용하여 카메라의 자세를 추정하고 호모그래피를 이용해 획득하는 방법이다. Frontal-View를 얻기 위한 3가지 가정은 다음과 같다.

먼저 변환할 대상이 수평면 또는 수직면이라 가정한다. 두 번째로는 대상 면이 수평면인지 수직면인지를 결

정하기 위해 휴리스틱을 사용하였다. 수평면과 휴대폰의 각도를  $\theta_p$ 라 하였을 때

- $-\frac{\pi}{4} < \theta < \frac{\pi}{4}$  일 수직면
- 그 외의 경우 수평면

세 번째로 한 장의 이미지에선 카메라와 대상 면 사이의 거리를 얻어낼 수 없으므로  $d0$ 라는 임의의 값을 사용하였다. 이를 통해 촬영한 이미지를 Frontal-View로 변환하는 호모그래피 식은 다음 식(1)을 사용하였다.

$$H_{f \leftarrow c} = K(R - \frac{tn^T}{d0})^{-1}K^{-1} \quad (1)$$

이 때 K는 카메라 칼리브레이션 행렬, n은 대상 면의 법선 벡터  $[0,0,-1]^T$ , R은 회전 정렬, t는 이동 벡터이다 [9][10].

### III. 증강현실을 위한 Frontal-View 변환 알고리즘 설계

이전에 Frontal-View 변환 알고리즘은 pitch만을 사용한 자연마커 계산 알고리즘인데, 본 논문에서 제안하는 논문은 pitch, roll, yaw 3축에 대한 회전행렬을 획득하여 대상 이미지에 대한 yaw의 기준점을 설정하고, 대상 이미지가 바닥, 벽면, 천장 중 어느 면인지 판단하여 그에 대한 회전 행렬을 보정하여, 자이로 센서 좌표계와 영상 좌표계 사이의 차이를 고려해 최종적으로 Frontal-View를 얻기 위한 호모그래피 행렬을 획득하여 투영변환을 통해 촬영 영상으로부터 Frontal-View를 획득할 수 있도록 하였다.

#### 1. 알고리즘 요구사항

증강현실을 위한 Frontal-View 변환 알고리즘을 구현하기 위해서는 다음과 같은 요구사항이 필요하다. 첫 번째로는 촬영된 영상에 대해 카메라의 자세를 알 수 있는 회전 행렬을 획득해야한다. 두 번째로는 회전행렬은 특정 자세에서의 오류를 피하기 위해 짐벌락 현상에 대한 대처가 있어야 한다. 세 번째로는 촬영 대상 이미지와 카

메라 사이의 자세를 판단하기 위해 yaw의 기준점 설정이 필요하다. 네 번째로는 촬영 대상 이미지가 바닥인지 벽면인지 천장인지를 파악하고 그에 대한 회전행렬의 보정이 필요하다. 마지막으로 영상 과정 내에 자이로 센서 좌표계와 영상 좌표계의 전환이 필요하다.

## 2. 알고리즘 설계

### 가. 카메라 방향 추정

카메라 방향을 추정하기 위해서는 스마트폰 자이로 센서의 pitch와 roll를 이용한다. pitch의 기준은 바닥에 수평하게 누워 있을 때 0을 나타낸다. 즉, 카메라의 방향이 바닥을 향하고 있으면 0을 나타낸다. 또한 pitch는  $\frac{\pi}{2}$  다 증가하게 되면 다시 감소하며 이 때의 값이  $\frac{\pi}{2}$ 보다 크거나  $-\frac{\pi}{2}$ 보다 작아지게 된다. 그림 2는 카메라의 방향에 따른 pitch와 roll의 변화를 나타낸 그림이다.

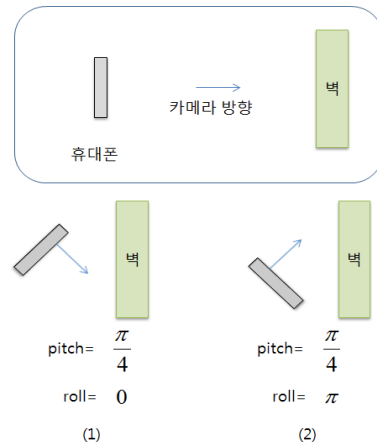


그림 2. 카메라의 방향에 대한 pitch와 roll  
Fig 2. Pitch and roll in the direction of the camera

pitch의 범위는  $\frac{\pi}{2} \sim -\frac{\pi}{2}$  이고, pitch와 roll을 함께 고려하면 다음과 같이 카메라의 방향을 추정할 수 있다.

- $pitch > \frac{\pi}{4}$  일 경우 카메라의 방향은 벽면
- $pitch < \frac{\pi}{4}, |roll| > \frac{\pi}{2}$  일 경우 천장

- pitch <  $\frac{\pi}{4}$ , roll <  $\frac{\pi}{2}$  일 경우 바닥

### 나. 카메라 방향 추정

카메라의 방향을 정할 때에는 pitch와 roll에 의해서 카메라 방향을 설정 하였는데, yaw의 경우 기준방향이 정해져 있지 않고 매번 바뀌기 때문에 Frontal-view로 변환하기 위한 대상과 카메라 시점간의 기준 방향을 일치시켜 주기 위해 이에 대한 보정이 필요하다.

yaw의 기준점을 설정하기 위해 변환하기 위한 대상을 수직으로 바라보고 있을 때의 yaw의 수치를 얻어야 하는데 센서의 yaw의 수치를 그대로 이용할 경우 pitch가  $\frac{\pi}{2}$ 에 접근할 때 y축과 z축이 겹쳐져 정상적인 수치를 얻을 수 없는 Gimbal Lock 현상이 발생하므로 사원수의 변환을 통한 회전 행렬을 분해하여 yaw의 수치를 획득한다.

pitch =  $\psi$ , roll =  $\phi$ , yaw =  $\theta$  라 한다면 회전 행렬 R은 다음의 식(2)로 나타낼 수 있다.

$$R = \begin{cases} \cos\phi\cos\theta & \cos\phi\sin\theta & -\sin\phi \\ \sin\psi\sin\phi\cos\theta & \sin\psi\sin\phi\sin\theta & \sin\psi\cos\phi \\ -\cos\psi\sin\theta & +\cos\psi\cos\theta & \\ \cos\psi\sin\phi\cos\theta & \cos\psi\sin\phi\sin\theta & \cos\psi\cos\theta \\ +\sin\psi\sin\phi & -\sin\psi\cos\theta & \end{cases} \quad (2)$$

이 때 회전 행렬 R의 각 원소를 다음의 식(3)으로 나타내었을 때 yaw의 기준점은 다음의 식(4)를 통해 구할 수 있다.

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\text{yaw} = \tan^{-1}\left(\frac{r_{12}}{r_{11}}\right) \quad (4)$$

이 때 회전 행렬 R의 각 원소를 다음의 식(3)으로 나타내었을 때 yaw의 기준점은 다음의 식(4)를 통해 구할 수 있다.

### 다. Frontal-View 변환 호모그래피 행렬 도출

카메라의 방향을 추정하고, 회전 정렬과 yaw기준점이 설정 되었다면 이를 통해 촬영된 이미지를 Frontal-View로 변환하기 위한 호모그래피 행렬을 유도 낼 수 있다.

먼저 회전 행렬 R을 카메라의 방향과 yaw기준점에 대해 보정을 하여야 한다. 설정된 yaw에 대한 회전 행렬을  $R_y$ 라 할 때  $R_y$ 는 다음의 식(5)와 같이 도출하였다.

$$R_y = \begin{bmatrix} \cos(\text{yaw}) & \sin(\text{yaw}) & 0 \\ -\sin(\text{yaw}) & \cos(\text{yaw}) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

또한 벽면 및 천장에 대한 보정행렬을 구하여야 하는데, 벽면에 대한 보정 행렬을  $R_w$ , 천장에 대한 보정 행렬은  $R_c$ 라 할 때,  $R_w$ ,  $R_c$ 는 다음의 식은 (6), (7)로 나타낼 수 있다.

$$R_w = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\frac{\pi}{2} & \sin\frac{\pi}{2} \\ 0 & -\sin\frac{\pi}{2} & \cos\frac{\pi}{2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$R_c = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\pi & \sin\pi \\ 0 & -\sin\pi & \cos\pi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

수식 (5), (6), (7)을 통해 바닥, 벽면, 천장의 각각의 경우에 대해 다음의 식(8), (9), (10)과 같이 보정된 회전 행렬  $R'$ 을 구할 수 있다.

$$\text{바닥의 경우 } R' = RR_y^{-1} \quad (8)$$

$$\text{벽면의 경우 } R' = RR_y^{-1}R_w^{-1} \quad (9)$$

$$\text{천장의 경우 } R' = RR_y^{-1}R_c^{-1} \quad (10)$$

다음으로 센서 좌표계와 영상 좌표계 사이의 변환이 필요하다. 센서와 영상 좌표계는 x축은 같으나, y축과 z축은 반대로 되어있다. 그래서 자이로 센서에서 받은 좌표값을 영상좌표계로 바꾸어야한다. 좌표계전환 행렬 C는 다음의 식 (11)와 같다.

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\pi & \sin\pi \\ 0 & -\sin\pi & \cos\pi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad (11)$$

마지막으로 식(1)에 식(8),(9),(10),(11)를 적용하여 다음의 식 (12)과 같은 호모그래피 행렬 H를 도출해 낼 수 있다.

$$H = KC \left( R - \frac{(I-R)Pn^T}{d0} \right)^{-1} C^{-1} K^{-1} \quad (12)$$

### IV. 증강현실을 위한 Frontal-View 변환 알고리즘 구현

#### 1. 구현환경

증강현실을 위한 Frontal-View 변환 알고리즘구현 및 테스트를 위한 환경은 표 1과 같다.

표 1. 구현환경  
Table 1. Implementation of Environmental

구분	구성요소	기종
하드 웨어	Device	MacBook Pro MC700KH/A
	Process	2.3GHz Intel Core i5
	Memory	4GB 1333MHz DDR3
	Graphic	Intel HD 3000
	실행기기	iPhone4s
소프트웨어	운영체제	Mac OS X Lion 10.7.3
	Language	C, C++, Objective-C
	외부 라이브러리	OpenCV 2.3.2
테스트기기	Smart phone	Apple iPhone4S

#### 2. 알고리즘 구현 시스템 구조

제안한 알고리즘 평가를 위한 구현 시스템 구조는 그림 3과 같다.

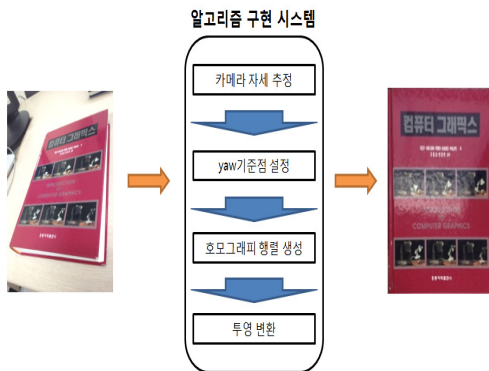


그림 3. 제안하는 알고리즘 구현 시스템 구조  
Fig 3. Implement System structure propose Algorithm

### 3 알고리즘 구현 시스템 UI

제안하는 알고리즘 구현 시스템 UI는 촬영 화면 가운데에 Frontal-View로 변환 후 가운데 정사각형의 영역으로 변환이 예상되는 사각형의 가이드라인을 제공하였다. 이 가이드라인은 Frontal -View 변환 호모그래피 행렬에 의해 실시간으로 변화하여 본 논문에서 제안한 알고리즘 중 카메라 자세 추정과 yaw기준점이 어떻게 적용되었는지를 알려주도록 하였다. 또한 가운데 4자 모양의 표시를 통해 가이드라인의 방향을 알려주도록 하였다. 그림 4는 카메라 자세에 따른 가이드라인의 변화를 나타낸 그림이다.

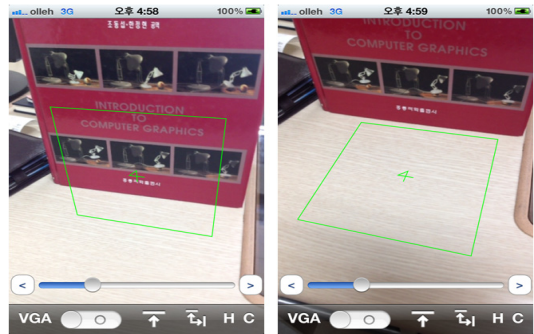


그림 4. 카메라 자세에 따른 가이드라인의 변화  
Fig 4. Change Guidelines according to the camera pose

### V. 증강현실을 위한 Frontal-View 변환 알고리즘 테스트

#### 1. 증강현실 적용 테스트

먼저 Frontal-View 변환 알고리즘 테스트를 통해 생성한 자연 마커들을 QCAR을 통해 자연 마커로 등록한다. 그 후 등록된 각각의 자연 마커 상에 색이 다른 주전자 객체를 증강하도록 설정하여 증강현실 적용 테스트를 수행한다.

그림 5는 위 과정을 통해 생성된 Frontal-View를 이용하여 실제 증강 현실에 적용이 가능한가를 테스트 한 결과이다. 증강현실 테스트를 수행한 결과 해당되는 색의 주전자가 증강되는 모습을 확인하였다. 왼쪽화면은 Frontal-View를 적용한 화면이고, 오른쪽화면은 적용한 화면을 자연마커를 활용하여 그 위에 증강현실을 한 화

면이다.

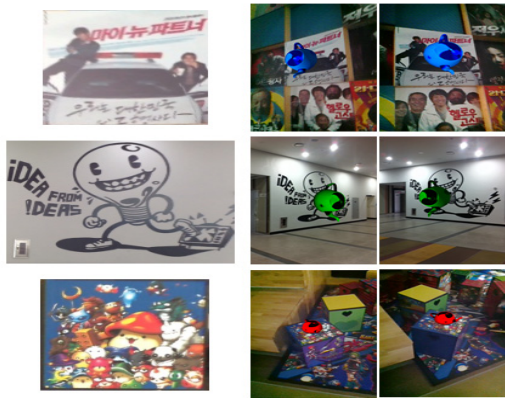


그림 5. Frontal-View를 이용한 증강현실 테스트 결과  
Fig 5. Test Result of Augmented Reality using Frontal-View

## 2. 성능평가

표 2는 기존 알고리즘과 제안한 알고리즘의 pitch 변화에 따른 Frontal-View 변환 결과를 비교한 것이다. 바닥에 있는 책 표지를 대상으로 pitch의 값을 0°, 30°, 60°를 각각 측정하였다.

표 2. pitch 변화에 따른 Frontal-View 변환 결과  
Table 2. Result of the Conversion in Frontal-View to the pitch Change

각도	기존 알고리즘	제안한 알고리즘
0°		
30°		
60°		

pitch 변화에 따른 Frontal-View 변환 결과는 기존 알고리즘과 제안한 알고리즘 양쪽 모두 유사한 결과를 도출하였다.

표 3은 기존 알고리즘과 제안한 알고리즘의 roll 변화에 따른 Frontal-View 변환 결과를 비교한 것이다. 바닥에 있는 책 표지를 대상으로 roll의 값을 0°, 30°, 60°를 각각 측정하였다.

roll 변화에 따른 Frontal-View 변환 결과는 기존 알고리즘은 pitch가 0°이므로 촬영 원본 그대로 영상이 나왔으나, 제안한 알고리즘은 Frontal-View로 변환된 결과 영상이 출력되었다.

표 3. roll 변화에 따른 Frontal-View 변환 결과  
Table 3. Result of the Conversion in Frontal-View to the roll Change

각도	기존 알고리즘	제안한 알고리즘
0°		
30°		
60°		

표 4는 기존 알고리즘과 제안한 알고리즘의 yaw 변화에 따른 Frontal-View 변환 결과를 비교한 것이다. 바닥에 있는 책 표지를 대상으로 yaw의 값을 0°, 30°, 60°를 각각 측정하였다. yaw 변화에 따른 Frontal-View 변환 결과는 기존의 알고리즘은 roll 변화에 따른 변환과 마찬가지로 원본 그대로 출력되었지만, 제안한 알고리즘은 Frontal-View로 변환된 결과 영상이 출력되었다.

따라서 제안한 알고리즘을 사용하게 되면 pitch에 따른 변화뿐만 아니라 roll, yaw에 변화에 따라서 자연마크를 이용한 증강현실을 사용할 수 있다.

**표 4. yaw 변화에 따른 Frontal-View 변환 결과**  
**Table 4. Result of the conversion in Frontal-View to the yaw change**







각도	기존 알고리즘	제안한 알고리즘
0°		
30°		
60°		

표 2, 3, 4와 같이 제안하는 알고리즘은 기존의 알고리즘의 비해 더 많은 변화에서도 측정이 가능하여, 텍스트 기반 자연 마커의 활용을 높일 수 있다. 표 5는 카메라 각도에 변화에 따른 알고리즘별 자연마커 인식결과 표이다.

**표 5. 카메라 각도의 변화에 따른 알고리즘별 자연마커 인식 결과**  
**Table 5. Natural Marker Recognition Result in Algorithm according to Change Camera angle**

변화	pitch 변화	roll 변화	yaw 변화
기존 알고리즘	인식가능	인식 불가능	인식 불가능
제안하는 알고리즘	인식가능	인식가능	인식가능

표 5와 같이 기존 알고리즘에서는 roll, yaw의 변화에 따라서는 자연마커 인식이 불가능하지만, 제안하는 알고리즘에서는 roll, yaw의 변화에도 자연마커를 인식하였다.

## VI. 결론

본 논문은 증강현실에서 사용하는 Frontal-View 알

고리즘에서 pitch 한 방향만 사용되는 부분을 스마트폰의 자이로 센스를 이용하여 추가적으로 roll, yaw를 사용하기 위해 Frontal-View 변환 호모그래피 행렬을 도출하여, Frontal-View 변환 알고리즘을 설계하였다. 설계한 알고리즘을 이용하여 Frontal-View 변환 호모그래피 행렬 도출 모듈 구현을 하였다. 구현한 알고리즘은 pitch, roll, yaw 별로 0°, 30°, 60° 방향으로 화면을 변화하여 자연 마커를 측정하는 테스트를 하였는데, 기존 Frontal-View 알고리즘에서 pitch 변화에만 화면 변환되어 자연마커가 인식되고, roll과 yaw의 변화에는 화면 변환이 되지 않았지만, 제안하는 알고리즘에서 pitch와 roll, yaw의 변화에서도 화면이 변환되어, 자연마커가 인식되는 것을 검증하였다.

## 참고 문헌

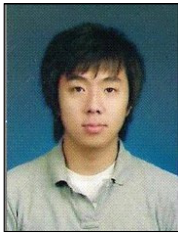
- [1] M. J. Koo, "A Study on Developing Educational Content Using Augmented Reality : Focused on Social Studies Curriculum of Elementary School", Dankook University Graduate School of Digital Media Design, 2010.
- [2] G. Y. Um, G. J. Kim, M. H. Kim, "A Survey of Markerless Object Recognition and Tracking for Augmented Reality", Dept. of Science, Featured manuscripts,, pp.54766, 2010.
- [3] C. S. Shin, "A Survey on Mobile Augmented Reality Services and an Outlook toward a Sustainable Content Ecosystem", Dept. of Science, Volume 28, Issue 6, pp.43-50, 2010.
- [4] J. H. Park, "A Development of an Augmented Reality authoring Tool for Mobile Devices", Kookmin University Graduate School, 2011.
- [5] E. Y. Jung, W. K. Jung, S. J. Lim, C. B. Moon, B. M. Kim, "Augmented Reality Logo System Based on Android Platform", Korea information Processing Society, 2011.
- [6] H.J Cho, "Non-marker based Mobile Terminal Augmented Reality using Scale and Rotation Invariant Features", Dankook University Graduate School 2011.
- [7] D. Wagner, G. Reitmayr, A. Mulloni, T. Drummond,

- and D. Schmalstieg, "Pose Tracking from Natural Features on Mobile Phones", ISMAR, September 2008.
- [8] Lim J, Jung S, Kim D, Jeon S, Balitanas M, Cagalaban G, Kim S, "A Study on Real Time Media Content Development using Web Ar", Summer Conference Proceedings Korea Institute of Information Technology, May 2011.
- [9] Wonwoo Lee, Youngmin Park, Vincent Lepetit, Woontack Woo, "Point-and-Shoot for Ubiquitous Tagging on Mobile Phones", ISMAR 2010.
- [10] M. Ozuysal, P. Fua, and V. Lepetit, "Fast keypoint recognition in ten lines of code", CVPR, 2007.

※ 본 논문은 가천대학교 산학협력단의 지원으로 수행된 연구결과임(GCU-2012-R275)

### 저자 소개

#### 조 대 균(준회원)



- 2011년 : 경원대 컴퓨터공학 석사
  - 2011년 ~ 현재 : 가천대학교 전자계산학과 석사과정 중
- <관심분야 : 네트워크 시큐리티, 통신이론, 암호학>

#### 박 석 천(종신회원)



- 1977년 : 고려대 전자공학과 학사
  - 1982년 : 고려대 컴퓨터공학 석사
  - 1989년 : 고려대 컴퓨터공학 박사
  - 1979년 ~ 1985년 : 금성통신연구소
  - 1991년 ~ 1992년 : UC, Irvine Post Doc
  - 1988년 ~ 현재 : 가천대학교 컴퓨터공학과 정교수
- <관심분야 : 차세대 인터넷, 멀티미디어 통신, 네트워크 시큐리티, 모바일통신>