

# Structured light를 이용한 깊이 차이에 의한 문자 왜곡 교정

허훈 채옥삼  
경희대학교 전자계산공학과  
[heehoon@cvs2.kyunghee.ac.kr](mailto:heehoon@cvs2.kyunghee.ac.kr), [oschae@nms.kyunghee.ac.kr](mailto:oschae@nms.kyunghee.ac.kr)

## Restoration of Distorted Document Image Due to Depth Variation by Using Structured Light

Hoon Heo Ok-Sam Chae  
Dept. of Computer Engineering, Kyunghee University

### 요 약

제본된 책이나 고문서를 디자타이즈할 때 책을 바르게 펴지 못하거나 지정된 위치나 방위로 위치시키지 못해서 문제가 발생한다. 특히 힘을 가할 수 없는 고문서의 경우에는 바르게 펴 수가 없기 때문에 깊이 차이에 의한 문서의 왜곡이 발생한다. 본 연구에서는 Structured Light를 이용하여 깊이 차에 의한 문자의 왜곡을 복원하는 방안을 제안한다. 또한 입력시 책의 위치와 방위에 대한 제한을 완화시킬 수 있도록 책의 위치와 방위 변화에 적응 할 수 있는 방안을 제안한다.

### 1. 서론

최근 문서관리시스템(EDMS)으로써 각종 문서를 전자적으로 이동, 저장, 검색, 가공하게 되었는데 이에 따라 문서 영상의 가독성(readability)을 높이기 위한 왜곡된 문서 영상의 복원(restoration)에 관해 많은 연구가 이루어지게 되었다[1]

그런데 부서지기 쉬운 고문서의 경우 전자화(digitization)하여 입력하는 과정에서 문서의 훼손 우려 때문에 문서에 인위적 힘을 가해 바르게 펴서 스캐너(scanner)와 같은 입력장치로 읽어 들일 수 없다. 고문서의 경우 문서가 묶여진 부분에도 많은 내용을 담고 있는데 이 부분의 글자가 많이 왜곡되어 입력 되게 된다. 따라서 문서의 이 부분에 대한 왜곡의 복원 작업을 하여야 한다. 이러한 왜곡의 복원 작업시 하나의 카메라의 위치와 하나의 광원(light source)으로부터 문서 표면상의 3차원적 좌표(coordinates)를 손쉽게 알아 낼 수 있는 structured light system[2]을 사용하면 왜곡의 수학적 모델링을 하지 않아도 적은 계산 비용으로 간단히 왜곡의 복원을 할 수 있는 장점이 있다. Structured light system을 이용하여 물체의 3차원 좌표를 얻는 기법은 로봇(robot) 시각(vision) 시스템이나 다각형 메쉬(mesh)를 사용한 3D객체의 모델링, 핵 폐기물 저장용 드럼통의 표면손상 검출등의 응용[5]에 널리 사용되었다.

본 연구에서는 고문서처럼 디지털화 할 때 힘을 주어

문서를 고르게 펴 수 없는 경우 깊이의 차이가 생겨서 발생하는 글자의 왜곡을 structured light를 이용하여 복원하는 방안을 제안한다. 제안된 연구에서는 먼저 structured light를 이용하여 문서의 깊이 정보를 추출하고, 이를 바탕으로 문서영상의 각 화소별 확대비율을 결정한 다음, 화소단위 warping을 수행하여 글자나 그림의 깊이 차이에 의한 왜곡을 복원한다. 또한 촬영시 문서의 위치나 방위 변화에 따른 영상의 왜곡을 수정하기 위한 문서 분리 방안과 3차원 복원 방안을 제안한다.

### 2. 시스템 설계

시스템의 전체적인 흐름은 그림1과 같다. 먼저 입력영상에서 structured light의 패턴인 stripe추출과 문서의 분리 및 방위 추출 과정을 거쳐서 문서부분을 바르게 복원하는 과정과 깊이 정보 추출 과정을 수행한다. 문서의 깊이 정보 추출과정에서는 먼저 영상의 수평 방향에 대해서 깊이 정보를 구하고 이를 문서의 회전각을 이용하여 문서의 가로방향에 대한 깊이 정보로 변환한다. 복원과정은 문서의 깊이 정보를 바탕으로 문서영상의 각 화소에서 확대비율을 구하고 이를 바탕으로 warping 을 수행한다.

#### 2.1 Stripe 추출

문서의 깊이 정보 추출을 위해서는 먼저 문서에 직선패턴의 광원을 비추게 되는데 기존의 연구[3]와는

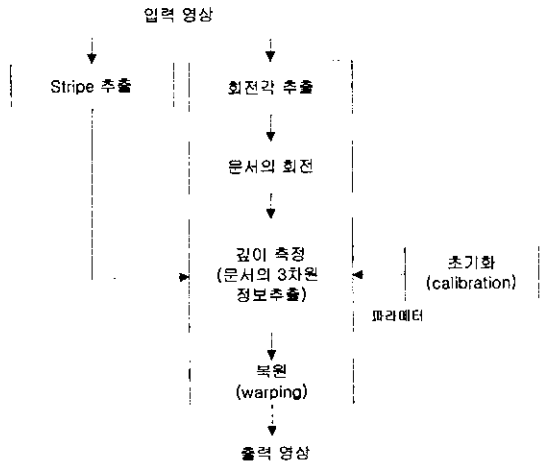


그림1. 제안된 시스템 블록도

다르게 본 연구에서는 직선광원이 나타나는 위치를 특정 위치로 한정하지 않았다. 따라서 광원 stripe은 문자 위에도 나타날 수 있다. 문자 위에 비추어진 stripe에서 효과적으로 추출하기 위해서 본 논문에서는 먼저, stripe line이 히스토그램상에 밝은 점들로 분포되는 것을 이용해 임계치를 구하여 대략적인 stripe line 영역을 얻었다. Stripe영역에 대해서 median filtering으로 잡음을 제거하고 Gaussian smoothing을 수행하여 전체적인 스무딩을 수행한 다음에 Moving window average[5] 방법을 이용하여 stripe의 중심을 추출하였다.

2.2 문서의 회전각도 추출과 회전

가장 간단하게 문서의 깊이 정보를 계산하는 방안은 문서를 지정된 위치에 지정된 각도로 위치시키는 것이다. 하지만 작업자의 편의를 위해서는 문서의 위치나 방위에 제한을 두지 않아야 한다. 이러한 제한을 제거하기 위해서는 입력된 영상에서 문서 영역의 분리와 기울기 계산이 필요하다. 본 연구에서는 입력환경을 조정할 수 있기 때문에 문서와 배경의 밝기 차이를 크게 할 수 있다. 따라서 수직방향으로 일정간격을 두고 추출한 작은 원도우들의 프로파일을 이용하여 책의 수평경계를 결정하는 간단한 방법을 사용하였다. 그림 2.b은 한 원도의 프로파일이고 그림 2.a는 그림 b를 smoothing하여 변화량을 구한 것이다. 배경의 밝기값은 비교적 균일하지만 책 부분에서 변화가 커진다는 점을 이용하여 첫번째 정점을 책의 경계로 잡았다.

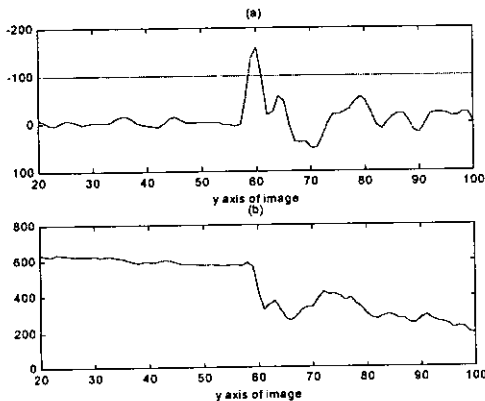


그림2. (a) 누적된 y축 프로파일의 평균의 차 (b) x축 방향으로 5화소씩 누적된 y축 프로파일

2.3 수평방향 깊이 계산

추출된 stripe의 중심 위치값을 이용해 문서의 3차원 깊이 정보를 구하게 되는데 식은 다음과 같다.[3]

$$Z = \frac{(Dy - Y_s f) \tan \theta}{f + \frac{Y}{\tan \theta}}$$

여기서  $y$ 는 stripe의 중심위치값이고  $f, \theta, D, Y, Y_s$ 는 초기화 과정에서 결정되는 파라미터들이다. 영상에서 추출된 stripe의 중심좌표의  $y$ 값을 위식에 대입하면 해당  $x$  위치에서 깊이가 구해진다. 영상을 가로지르는 stripe 상의 모든 점을 대입하면 영상의 수평축에 대한 깊이 정보를 구할 수가 있다.

2.4 초기화

문서의 깊이정보  $Z$ 를 구하기 위해서 필요한 파라미터들을 결정하는 단계이다. 초기화 과정은 다음과 같다.

가. 시스템의 영상 입력장치에 아무 것도 놓지 않은 상태에서 WC(World coordinates)상에서 빔이 반사되는 위치  $Y_s$ 를 측정하고 영상에서의 위치  $y_s$ 를 계산한다.

나. 입력장치 위에 높이  $H$ 인 판자를 놓고 가와 같은 방법으로 판자위 빔의 위치  $Y$ 와 이것의 영상에서의 위치  $y$ 를 측정한다.

다. 다음식에 가와 나.에서 구한 값을 대입하여  $\theta$ 와  $f, D$ 를 구한다.

$$\tan \theta = \frac{H}{Y - Y_s}, \quad f = \frac{H}{\frac{Y_s - Y}{y_s} - y}, \quad D = \frac{Y_s H}{y_s \left( \frac{Y_s - Y}{y_s} - y \right)}$$

2.5 문서의 깊이 정보 계산

수평방향 깊이계산 과정의 결과는 문서의 가로방향 깊이가 아니라 영상의 가로방향 깊이이다. 문서가  $\theta$ 만큼 회전되어 있다면 영상의 가로방향 깊이와 문서의 가로방향 깊이의 관계는 그림 3.a와 같이 표현될 수 있다.

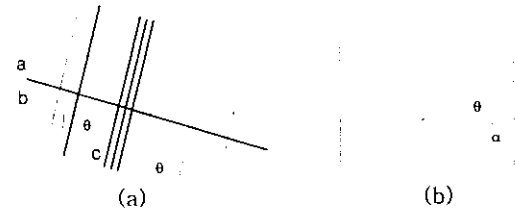


그림3. (a)기울어진 문서에 수평으로 비추어진 stripe (b)회전보정된 문서에서 기울어져 나타난 stripe

문서를 바르게 회전[4][6]했을 때 stripe와 문서의 가로축과의 관계는 그림 3.b와 같다. 문서의 가로축상의  $\alpha$ 위치의 깊이는 stripe상의  $\alpha/\cos \theta$  위치의 깊이가 된다. 보다 정확한 깊이 계산을 위해서  $\alpha/\cos \theta$  주위의 깊이 정보를 바탕으로 interpolation[4]을 수행한다.

2.6 확대비계산 및 Warping

영상의 왜곡 복원을 위한 화소단위 확대 알고리즘

으로써 일정한 scale값을 가지고 연산을 수행하는 기존의 Fant 알고리즘[4]을 개선하여 각 화소마다 화소의 깊이 정보에 따른 다른 확대비율을 가지고 확대가 되도록 하여 문서의 표면이 바르게 퍼지도록 하였다 이렇게 문서의 수평방향의 왜곡 복원을 한다. 또한 카메라로부터 가까운 부분을 기준으로 상대적으로 작아보이는 문서의 먼 부분을 확대하는 수직방향의 왜곡 복원을 하여 y축 방향으로 문서가 동일한 크기가 되도록 한다.

3. 시스템 구현 및 결과

기울어진 문서에 비추어진 stripe의 회전각도가 보상됨에 따라 문서의 깊이 정보인 Z좌표의 값이 커진 것을 확인할 수 있다. 그림4는 그림5의 기울어진 문서에 비추어진 stripe이 회전 각도가 보상되어 수평으로 바르게 퍼진 문서의 3차원 좌표값을 보여준다.

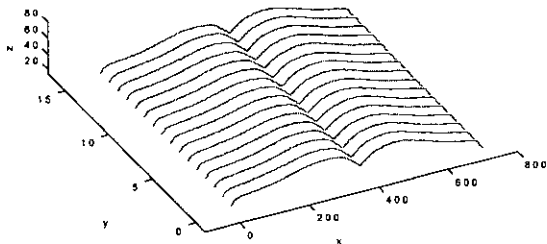
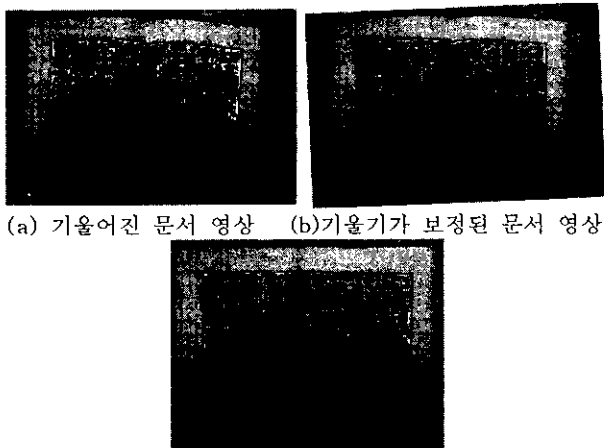


그림4. 회전각도가 보상된 후의 3차원 모델링

그림5의 (a)는 기울어진 문서인데, 본 논문에서 제안한 영상내 프로파일 값의 차를 이용하여 기울어진 각도를 추



(a) 기울어진 문서 영상 (b)기울기가 보정된 문서 영상

그림5. (c) 왜곡이 복원된 문서 영상

출한 후 회전변환을 수행한 모습이 (b)이다 (c)는 기울기 보정이된 문서영상의 왜곡을 복원한 영상인데 책의 상단과 하단의 수평선이 바르게 퍼져 있는 것을 볼 수 있다. 그림6는 원본영상과 복원된 영상사이 왜곡이 심하게 나온 부분만을 비교하였다 (a)는 원본영상이고 (b)는 복원된 영상, (c)는 회전보정이 되지 않은 영상의 복원된 모습이다. (c)의 경우 글자들이 제대로 퍼지지 않고 마름모 형태로 커진 것을 볼 수 있다.

(b)를 (c)의 결과와 비교해보면 복원된 문서의 질에 있어서 많은 차이가 있음을 볼 수 있어 정확한 회전각도의 추출과 회전변환이 되지 않으면 복원 알고리즘을 거처도 이에 상응하는 왜곡이 나타나게 됨을 볼 수 있다..

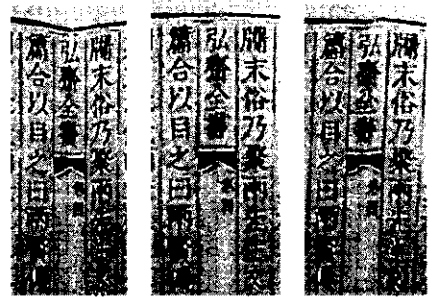


그림6. (a) (b) (c)

4. 결론

본 논문에서 고문서와 같이 힘을 가해서 바르게 펼 수 없는 문서의 입력에서 발생하는 글자와 그림의 왜곡을 교정하는 방안을 제시하였다. 또한 문서의 위치와 방위에 제한 없이 자유롭게 문서를 입력할 수 있는 능력을 갖추었다. 따라서 제안된 시스템은 영상에서 추출할 수 있는 3차원 정보를 이용해 문서 영상의 복원을 하는 EDMS 시스템의 문서 영상 입력의 한 부분으로 효과적으로 활용될 수 있다.

5. 참고문헌

- [1]. Lawrence OGorman., and Rangachar Kastun., "Document Image Analysis", IEEE Computer Society Press, 1995
- [2]. Hans-Gerd Maas., "Robust automatic surface reconstruction with structured light", International Archives of Photogrammetry and Remote Sense, Vol.XXIX Part B5, pp.709-713, 1992
- [3]. 광규섭, 채옥삼 "Structured light를 이용한 왜곡된 문서 영상 복원에 대한 연구", 대한전자공학회 논문집, 제 23권, 제 2호, pp235-238, 2000
- [4]. Randy Crane., "A Simplified approach to image processing", pp.74-143,203-244 Prentice Hall PTR,1997
- [5]. Juan C. Santamaria, and Ronald C. Arkin, "Structured light system for dent recognition: Lessons learned", Proceedings of the SPIE Photonic East 95 Mobile Robots X Conference, 1995
- [6]. Edward Angel, "Interactive Computer Graphics", pp148-152, Addison Wesley, 1998