

구조 광 범위 영상을 위한 PWM 코드 패턴 투영

배상민*, 김대용**, 고광식***
*경북대학교 IT대학 전자공학부
e-mail:pungking@nate.com

PWM-coded pattern projection for structured light range imaging

Sang-Min Bae*, Dae-Yong Kim**, Kwang-Sik Koh***
*School of Electronics Engineering, Kyung-pook National Unibersity

요 약

구조 광을 이용한 3차원 정보 획득 방법으로는 레이저 스캐닝 기술과 다양한 패턴을 투영 기술, 그리고 컬러 패턴을 이용한 기술 등이 존재한다. 여러 장의 이진 패턴을 사용하는 경우, 여러 장의 패턴영상을 영속적으로 투영해야 하므로 움직이는 물체가 있는 경우 3차원 복원이 불가능한 단점을 지니고 있으며, 이를 보완하기 위해 그레이 혹은 컬러 패턴을 사용하여 패턴의 영상수를 줄일 수는 있으나, 이 경우엔 깊이 맵의 해상도의 한계와 컬러 오브젝트로 인한 에리 발생 문제가 발생 한다. 본 논문에서는 PWM(Pulse Width Modulation)방식을 이용하여 이진 패턴과 컬러 패턴의 문제점을 보완할 수 있게 단일 영상, 즉 “One-Shot”으로 스캐닝 하는 알고리즘을 제시한다.

1. 서론

3D 거리 정보 획득은 센싱 방법에 따라 수동적 방법(passive)과 능동적 방법(active)으로 크게 나눌 수가 있다[1]. 수동적 방식에서 많이 사용되고 있는 방법으로는 두 대의 카메라를 이용한 스테레오 비전 시스템과 카메라의 위치를 이동시켜 두 장의 이미지를 사용하여 물체의 크기를 이용한 거리정보를 획득하는 방법이 있다.

능동적인 방식으로는 미리 정의된 패턴이나 음파 등을 물체에 투사된 에너지 또는 초점 등 센서 파라미터의 제어를 통한 변화량을 측정하여 물체의 3차원 형상을 복원하는 방식으로[2], 대표적인 방법에는 구조 광(structured light) 혹은 레이저광을 물체에 투사하여 거리에 따른 위상변화를 측정하는 방식과[3] 물체에 투사한 초음파가 반사되어 되돌아오는 시간을 측정하는 시간 지연 측정방법(TOF, Time Of Flight)[4] 등이 있다. 반면에 수동적 방법은 인위적으로 물체에 에너지를 투사하지 않은 상태에서 촬영한 영상의 명암(intensity), 시차(parallax) 등을 이용하는 방식이다. 수동방식은 능동 방식에 비해 다소 정밀도는 떨어지나 장비가 간편하고 입력 영상으로부터 텍스처(Texture)를 직접 획득할 수 있는 장점이 있다. 또한 상황에 따라 수동적인 방법과 능동적인 방법을 결합하여 적합하게 스테레오 카

메라에 패턴 또는 텍스처를 투사하여 거리정보를 획득하는 방법이 있다.

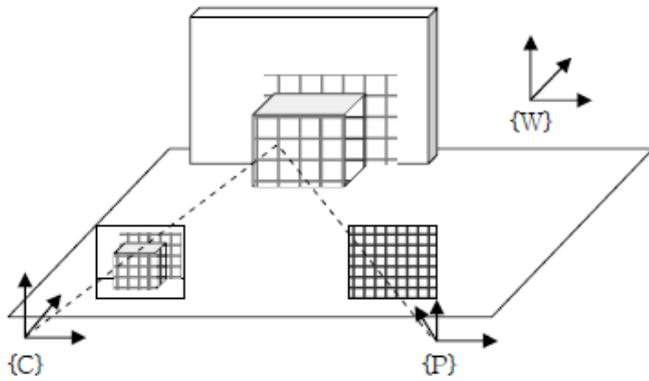
구조 광을 이용한 방식과 3차원 레이저 스캐닝 및 수동방식은 삼각법(Triangulation)을 이용하여 측정 부분의 3차원 좌표를 계산한다[5]. 삼각법을 적용하기 위해 카메라 보정(Calibration)을 통해 촬영 당시의 카메라의 위치와 자세를 알아봐야 한다. 또한, 영상의 특징 점 추출을 하고, 영상정합을 통해 영상간의 대응관계를 설정한다.

본 논문에서 거리 정보를 획득하는 방법으로 능동적인 방법 중 구조 광 방식을 사용 하였으며, 기존의 에지검출 방식과는 달리 펄스(pulse)의 면적의 비를 사용하여 해상도는 다소 떨어지나 노이즈에 강한 PWM 방법(Pulse Width Modulation)을 사용 하였다. 제안하는 방식으로 RGB 각 채널에 대한 PWM 방법(Pulse Width Modulation)의 프로파일링 벡터를 사용하여 “One-Shot”스캐닝 처리가 가능한 구조를 제안하고 구현해 본다.

2장에서는 고유의 코드 패턴에 대하여 기술하고, 3장에서 코드 패턴을 이용한 PWM(Pulse Width Modulation) 방식의 프로파일링 벡터를 제안하며, 4장에서 구현에 대한 결과를 나타냄으로써 논문을 결론짓는다.

2. 구조광 시스템

구조광 시스템은 일반적으로 그림1과 같이 구성되며, 프로젝터를 사용하여 코드화된 패턴 영상을 연속적으로 투영하고 카메라를 통해 구조 광이 투영된 장면의 영상을 획득하여 3차원 위치를 추정한다.



{W}: World Coordinates, {C}:Camera Coordinates
{P}: Project Coordinates

Fig.1 Structured Light System

그림2와 같이 프로젝터에서 연속적으로 투영된 패턴에서 1차적으로 레퍼런스 이미지를 획득 후 2차로 오브젝트 이미지를 획득하여 레퍼런스 이미지의 고유코드와 오브젝트 이미지의 코드 변화를 비교하여 3차원의 위치를 추정한다, 그 후 렌더링으로 3D효과를 적용 후 보여준다.

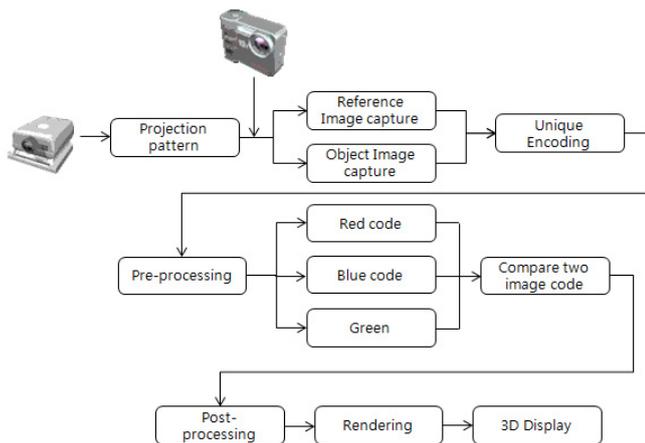


Fig.2 Structured Light System flow chart

3. PWM 방식의 프로파일링 벡터

본 논문에서는 표1과 같이 패턴 코드를 3개의 워드를 사용하여 {1111 0111 0011 0001 0000}로 5단계의 레벨로 나타내고 하나의 레벨의 주기는 4개의

워드를 4개의 픽셀로 나타내 4×4=16픽셀을 하나의 주기로 나타낸다. 그리고 레벨 1~5까지 주기는 16×5=80 픽셀을 나타내고 640×480사이즈만큼 주기적으로 계속 반복하여 패턴은 형성한다.

Table1. Pattern Code and Level

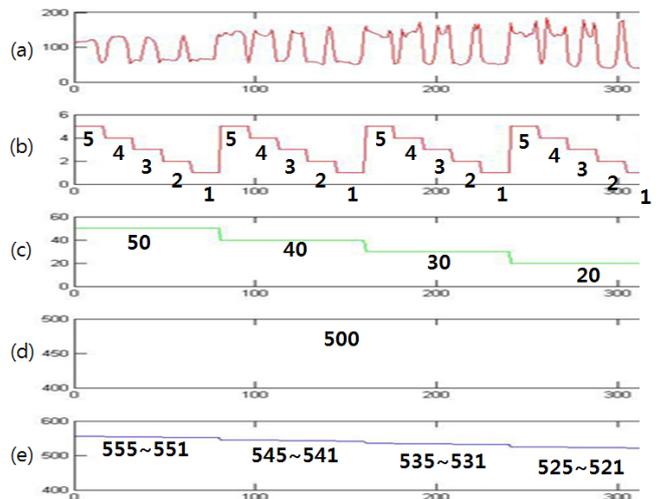
Code	1111	0111	0011	0001	0000	1111	0111	0011	0001	...
Level	5	4	3	2	1	5	4	3	2	...

그림3의 (a)에서 만들어진 패턴의 파형을 볼 수 있는데 1~5 레벨의 주기에 대하여 한계치(threshold)를 중심으로 각 레벨의 픽셀 값에 대하여 한계치 보다 높으면 '1' 낮으면 '0'으로 나타내고 이는 곧 1의 개수가 레벨의 면적이 되는데 크기순으로 레벨을 지정하여 주면 그림3의 (b)와 같이 나타나게 된다.

I) 고유의 코드 패턴 생성

프로젝터에서 투영되는 패턴을 만들기 위해 RGB의 각 채널을 이용한다. 5개의 레벨로 코드를 만들었고, R:5개의 레벨, G:5개의 레벨, B:5개의 레벨로 코드는 $Level^{channel}$ 로 5^3 , 125개의 고유 코드를 만들 수 있다[6].

그림3과 같이 각 채널에 대하여 (b) $R \times 10^0$, (c) $G \times 10^1$, (d) $B \times 10^2$ 으로 코드 넘버 555 ~ 111까지 총 125개의 코드를 만들 수 있다.



(a) : Pattern image wave, (b) : Red code pattern,
(c) : Green code pattern, (d) : Blue code pattern,
(e) : Unique code pattern

Fig.3 Reference Image Code Pattern

II) Image Calibration

프로젝터에서 투영된 영상을 카메라로 얻을 경우 가장자리가 밝게 나와 포화상태(Saturation)이 되는 것을 방지하기 위해 투영할 패턴의 그레이 레벨을 조정하여 투영하여야 한다. 그레이 레벨을 255부터 0까지 각각 한 장씩 이미지를 얻어 이미지의 각 픽셀에 대하여 밝은 부분은 어둡게 어두운 부분은 밝게 이미지를 보정한다. 보정된 이미지는 투영될 패턴 코드와 각 픽셀에 대하여 1:1 맵핑하여 프로젝터에서 투영되고 카메라로 획득된 이미지는 포화상태가 발생하지 않게 된다. 이는 주위의 환경이 변함에 따라 최초 1회만 수행한다.

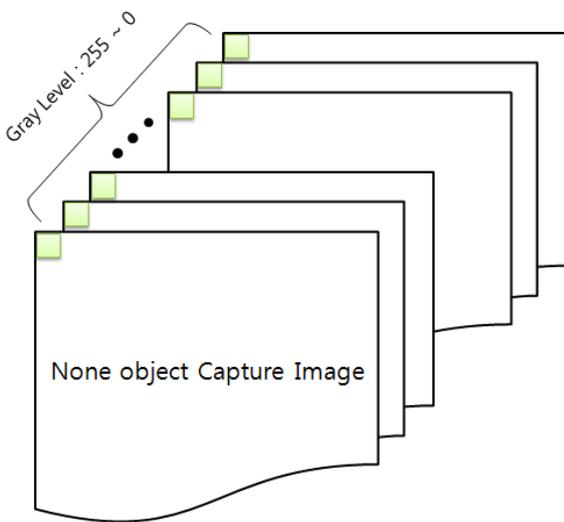
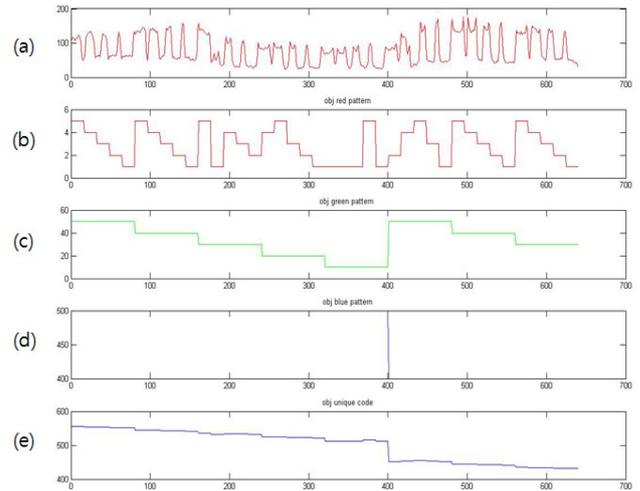


Fig.4 Project and Camera Calibration

III) 레퍼런스 이미지와 오브젝트 이미지의 비교

최초 물체가 없는 상태의 프로젝터에서 투영된 코드화 패턴을 카메라에서 획득한 이미지, 즉 레퍼런스 이미지 그림3와 물체가 올려진 후 왜곡된 코드화 패턴을 획득한 오브젝트 이미지 그림5를 비교를 한다. 레퍼런스 이미지에는 이미 고유의 코드넘버가 지정되어 있으므로 오브젝트 이미지에서는 물체로 인해 고유의 코드 넘버가 왜곡이 일어나게 된다. 따라서 레퍼런스 이미지의 고유 코드 넘버와 오브젝트 이미지의 왜곡된 코드 넘버를 비교하면, 코드넘버가 이동하였다는 것을 알 수 있으며, 이동한 크기가 물체의 높이 정보가 된다.



(a) : Pattern image wave, (b) : Red code pattern, (c) : Green code pattern, (d) : Blue code pattern, (e) : Unique code pattern

Fig.5 Object Image Code Pattern

4. 결론

본 논문에서는 거리 정보를 획득하는 방법으로 능동적인 방법(active) 중 구조 광 방식을 사용하였으며 기존의 에지검출 방식과는 달리 펄스(pulse)의 면적의 비를 사용하여 해상도는 다소 떨어지나 노이즈에는 강한 PWM 방법(Pulse Width Modulation)의 프로파일링 백터를 사용하여 “One-Shot” 스캐닝 처리가 가능 하도록 제안하였다. 제안한 알고리즘으로 레퍼런스 이미지의 RGB 각 채널에 대하여 고유 코드를 부여하여 기준이 되는 이미지 하나를 획득 후 그 고유코드가 있는 레퍼런스 이미지에 물체를 올려 카메라로부터 오브젝트 이미지를 획득하였다. 레퍼런스 이미지의 고유 코드와 오브젝트 이미지의 코드를 비교하여 코드가 이동한 차이만큼 물체의 높이 정보를 획득 할 수 있음을 그림6에서 나타나 있듯이 확인할 수 있다.

향후 연구방향은 1차적으로 결과물의 해상도(Resolution)와 밀집도(Dense)를 높이는 것에 집중적으로 연구를 하며, 2차적으로는 FPGA를 이용하여 하드웨어로 구성 후 실시간으로 고속처리가 가능 하도록 구현하는 것에 최종 목표를 두고 있다.

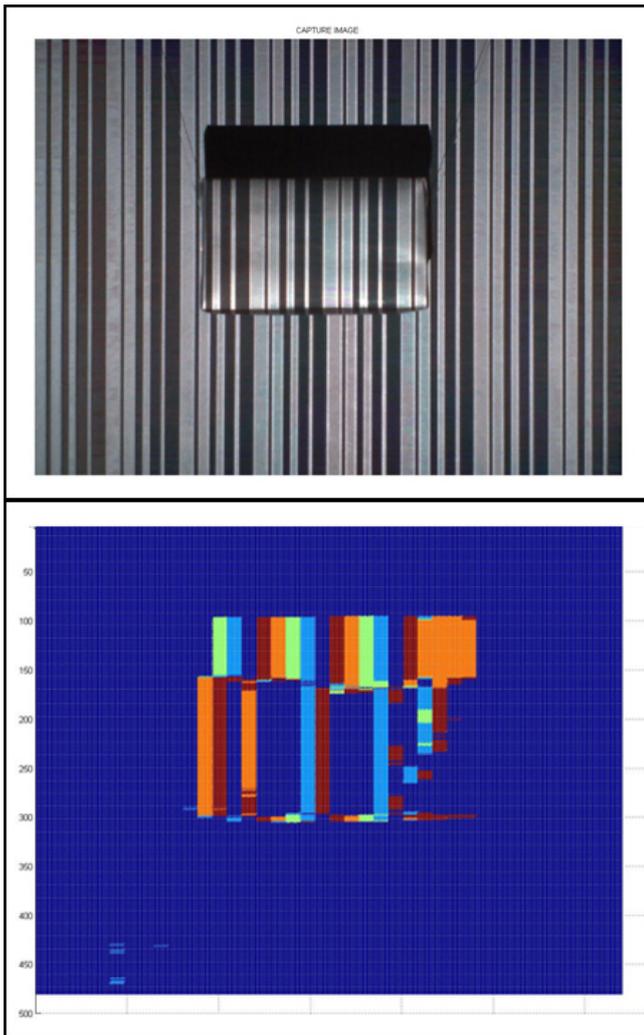


Fig.6 Object Image and Depth Information

참고문헌

- [1] Brian Curless, Siggraph 2000 Courses on 3D Photography, Siggraph 2000, New Orleans, Louisiana, July 2000.
- [2] Emanuele Trucco and Alessandro Verri, Introductory Techniques for 3-D Computer Vision, Prentice Hall, 1998.
- [3] J. Beraldin, Francois Blais, Luc Cournoyer, Guy Godin, and Marc Rioux, "Active 3D Sensing," NRC Technical Report 44159, Ottawa, 2000.
- [4] T.Yata, "Direction Measurable Ultrasonic Sensing System for Mobile Robots," Ph.D Thesis, Tsukuda Univ., 2000.
- [5] J. Pages, J.Salvi, R. Garcia, and C. Matabosch, "Overview of Coded Light Projection Techniques for Automatic 3D Profiling," IEEE Int'l Conf. On Robotics and Automation Taipei Taiwan, Sep. 2003.
- [6] Jing Xu, Ning Xi, chi Zhang, Jianguo Zhao, Bingtuan Gao, Quan shi, "Rapid 3D surface profile measurement of industrial parts using two-level structured light patterns., Optics and Lasers in Engineering, v. 49, iss. 7, p. 907-914.