

시변화 가시구조광 깊이 영상 획득을 위한 칼라 패턴 해석

*추현곤 **최진수 ***김진웅

한국전자통신연구원

*hyongonchoo@etri.re.kr

Pattern Decoding for Depth Map Acquisition System using time-varying structured lights

*Choo, Hyon-Gon **Choi, Jinsu ***Kim, Jinwoong

Electronics and Telecommunications Research Institute

요약

컬러 구조광을 이용한 깊이 정보 획득 시스템에서 구조광의 패턴의 색상 정보를 정확하게 추출하는 것이 중요하다. 본 논문에서는 시변화 가시구조광 시스템을 위한 색상 패턴을 해석하는 방법에 대해서 제안한다. 제안하는 방법은 시변화 가시구조광의 패턴이 투사된 영상으로부터 투사된 색상 정보를 추출하고, 추출된 색상 정보로부터 색상 패턴의 ID를 추출한다. 추출된 정보는 물체에 대한 깊이 정보로 계산될 수 있다. 패턴 ID를 빠르고 정확하게 추출하기 위해 최초의 원 패턴 정보를 기반으로 하여 Look-up 테이블을 구성하고, 이 테이블 정보를 이용하여 초기 패턴 ID 정보를 추출한다. 이후 추출된 패턴 ID에 대해서 신뢰도를 바탕으로 비어있는 정보를 채워준다. 본 논문의 실험에서는 제안하는 방법이 기존의 방법에 비해 정확하면서도 빠르게 색상 패턴 정보를 찾을 수 있음을 보여준다.

1. 서론

깊이 정보는 다채널 3D 기술 및 홀로그램과 같은 기술에서의 전송 대역폭 문제를 해결할 수 있는 중요한 정보로 크게 주목 받고 있다. 깊이 정보 획득 방법에는 두 대의 카메라를 이용하는 스테레오 매칭 방법, 구조광을 이용한 깊이 정보 획득 방법, 적외선을 조사하여 돌아오는 시간을 측정하는 깊이 정보 획득 방법 등이 있다. 이중 구조광에 기초한 깊이 정보 획득 방법은 특정한 정보를 인코딩 한 패턴광을 물체에 비추고, 패턴광이 물체에 반사된 장면 영상을 카메라로 촬영하며, 촬영된 장면 영상으로부터 패턴을 해석하여 패턴의 위상의 변화량으로부터 물체의 깊이 정보를 찾는 방법이다[1 - 3]. 컬러 구조광을 이용한 깊이 정보 획득 시스템에서 구조광의 패턴의 색상 정보를 정확하게 추출하는 것이 중요하다. 기존의 방법의 경우, Look-up 테이블을 이용하는 방법과 Dynamic Programming을 이용하여 계산하는 방법이 있다[1, 2]. Look-up 테이블을 이용하는 방법의 경우, 빠르게 계산할 수 있다는 장점이 있으나, 에러가 발생하거나 테이블의 decoding 길이보다 짧은 경우 처리하지 못한다. 이에 반해 Dynamic Programming의 경우, 기존의 패턴과의 비교를 통해 단일 라인에서의 최적의 비용을 계산하여 패턴에 대한 코드값을 계산한다. 그러나, 계산 시간과 이를 풀어나가기 위한 많은 메모리가 요구되어 병렬처리 등에 불리하다는 단점이 있다.

본 논문에서는 시변화 가시구조광 시스템을 위한 색상 패턴을 해석하는 방법에 대해서 제안한다. 제안하는 방법은 시변화 가시구조광의 패턴이 투사된 영상으로부터 투사된 색상 정보를 추출하고, 추출된 색상 정보로부터 색상 패턴의 ID를 추출한다. 추출된 정보는 물체에

대한 깊이 정보로 계산될 수 있다. 패턴 ID를 빠르고 정확하게 추출하기 위해 최초의 원 패턴 정보를 기반으로 하여 Look-up 테이블을 구성하고, 이 테이블 정보를 이용하여 초기 패턴 ID 정보를 추출한다. 이후 추출된 패턴 ID에 대해서 신뢰도를 바탕으로 비어있는 정보를 채워준다.

2. 시변화 가시구조광 깊이 영상 획득을 위한 칼라 패턴 해석

본 논문에서는 시변화 가시구조광 시스템을 위한 색상 패턴을 해석하는 방법에 대해서 제안한다. 먼저 시변화 가시구조광 시스템에 대해 간략히 소개한 후, 제안하는 칼라 패턴 해석 방법에 대해 기술한다.

2.1 시변화 가시구조광 깊이 획득 시스템

시변화 가시구조광 깊이 획득 시스템은 그림 1과같이 시간에 따라 변화하는 패턴 구조광을 물체에 투사하고 이 때의 영상을 촬영하여 물체의 영상 및 깊이 정보를 획득하는 시스템이다.

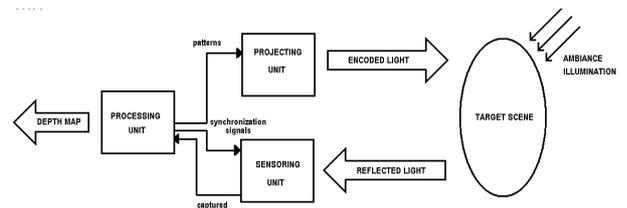


그림 1. 시변화 가시구조광 깊이 획득 시스템

두 대의 카메라로부터 획득된 좌우 영상 셋이 입력되면, Camera Calibration을 거쳐 나온 파라미터를 이용하여 영상의 Rectification을 수행한다. 구조광 영역은 조사된 색상을 분석(Color Segmentation)을 거쳐 조사된 색상 정보로부터 현재 위치의 패턴 정보를 추출하고, 이를 바탕으로 깊이 정보를 획득한다. 본 논문에서의 패턴 영상으로는 R,G,B 세가지 영상을 이용한 1차원 수직방향 de Bruijn 시컨스가 사용되었다[1].

2.2 깊이 영상 획득을 위한 칼라 패턴 해석

컬러 구조광을 이용한 깊이 정보 획득 시스템에서 구조광의 패턴의 색상 정보를 정확하게 추출하는 것이 중요하다. 본 논문에서는 시변화 가시구조광 시스템을 위한 색상 패턴을 해석하는 방법에 대해서 제안한다.

제안하는 방법은 크게 초기 패턴 ID를 계산하기 위한 과정과 이를 신뢰도를 이용하여 업데이트하는 과정으로 구성된다.

1. 초기 패턴 ID 계산

초기 패턴 ID 값을 빠르고 정확하게 추출하기 위해 구조광을 최초 생성시 패턴 정보를 이용하여 Look-up 테이블을 구성한다. Look-up 테이블의 ID 값은 다음과 같이 정의된다.

$$id = \vec{s}_0 n^0 + \vec{s}_1 n^1 + \vec{s}_2 n^2 + \dots + \vec{s}_{k_{dec}-1} n^{k_{dec}-1} \quad (1)$$

여기서 n은 색상의 수이며, k_{dec} 은 한꺼번에 해석할 패턴의 길이이며, s는 패턴에서의 컬러를 숫자로 매핑한 값이다. ID에 해당하는 LUT 테이블에는 서브시컨스의 인덱스(시작에서 부터의 순서)가 저장된다.

본 논문에서의 사용된 de Bruijn 시컨스의 특성에 따라 시컨스 내의 모든 부분 시컨스에 대해서 고유의 테이블 ID 값을 가지게 된다.

2. 1의 시스템에서 입력된 색상이 분석된 이미지를 이용하여 초기 패턴 ID를 계산한다. Color Segmentation을 거친 영상은 프로젝터의 영상에 대해서 R, G, B 세가지 조명값으로 각 픽셀단위로 0~2사이의 값으로 표시된다. 한 라인에 대한 코드 값을 하나의 시컨스로 추출하고, 각 시컨스에 대해서 k_{dec} 길이 만큼씩의 서브 시컨스로 뽑아 (1)의 수식에 입력한다. 계산된 값에 대해서 LUT의 테이블의 ID에 저장된 값을 현재의 초기 패턴 ID로 사용한다.

2. 신뢰도를 이용한 패턴 ID확산

초기 패턴 ID에 대해 Look-up 테이블을 이용함에 따라서 에러가 발생하거나 테이블의 decoding 길이보다 짧은 경우 즉 k_{dec} 보다 짧게 나오는 영역의 경우 값을 얻을 수 없다. 이러한 픽셀들에 대한 보상이 필요하다. 제안하는 방법에서는 주변의 Color Segmentation 결과 값을 이용하여, 초기 패턴 ID 확산을 이용한다.

먼저 확산이전에 초기 패턴 ID에 대한 신뢰도를 계산한다. 제안하는 방법에서는 1차원 수직방향 de Bruijn 시컨스를 패턴영상으로 사용하기 때문에 수직방향의 패턴 ID의 경우, 유사하거나 동일한 값을 가지리라 가정할 수 있다. 이를 바탕으로 초기 패턴 ID에 대해서 현재 픽셀의 주변 상하 라인에서의 이웃 픽셀의 패턴 ID 값을 이용하여 유사한 픽셀의 수의 비를 신뢰도로 계산한다.

신뢰도에 대한 계산이 끝나면, 영상 전체를 스캔하면서 패턴 ID

값이 없는 픽셀에 대해서 일정 거리 이내에 있는 상하 픽셀의 Color Segmentation의 값을 비교한다. Color Segmentation 값이 같은 픽셀이 존재하는 경우, 픽셀 중에 가장 신뢰도가 높은 픽셀의 패턴 ID를 현재 픽셀의 패턴 ID로 사용한다.

계산된 패턴 ID는 프로젝터 및 카메라의 캘리브레이션을 통해 얻어진 위치 관계를 이용하여 깊이 정보로 계산된다.

3. 실험결과

본 연구의 실험을 위해 두 대의 Phaton A 210 카메라와 DepthQ HD 프로젝터를 이용하여 획득된 영상을 이용하여 실험하였다. 그림 2에서 기존의 칼라 패턴 해석 방법[1]과 제안한 방법에 따른 칼라 패턴 해석 방법을 비교하였다. 그림 2의 (c) - (e)의 결과에 대해서 의사 색상으로 표시하였다. 그림 2의 결과를 통해 제안하는 방법이 기존의 방법에 비해 정확도가 더 높게 나타남을 알 수 있었다.

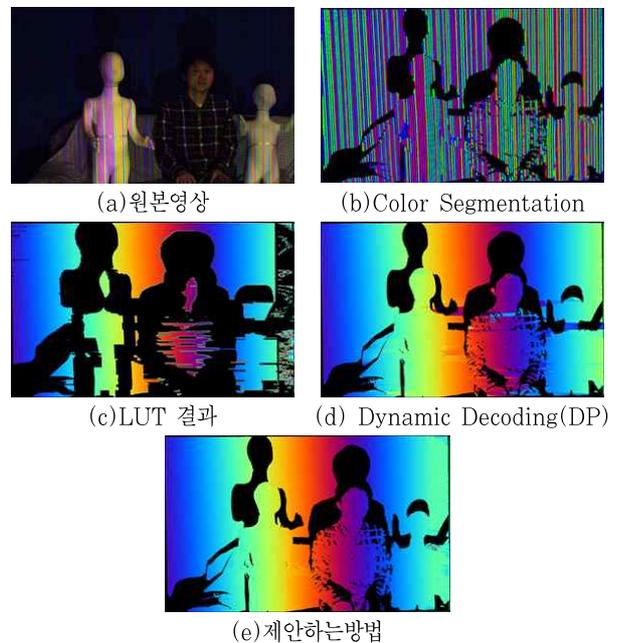


그림 2. 패턴 해석 비교 결과

표1은 CPU에 기반한 계산속도 비교 결과이다. 제안한 방법이 기존의 LUT에 비해서는 처리속도가 더 걸리나 Dynamic Decoding 결과에 비해서는 빠르게 처리할 수 있음을 알 수 있었다.

표 1. 패턴 해석 처리 시간 비교

접근방법	LUT	DP	제안하는방법
계산속도	0.8초	2.6초	1.2초

4. 결론

본 논문에서는 시변화 가시구조광 시스템을 위한 색상 패턴을 해석하는 방법에 대해서 제안하였다. 제안하는 방법은 시변화 가시구조광의 패턴 정보의 특성을 이용하고, 초기 테이블을 통해 얻어진 패턴 ID의 신뢰도를 바탕으로, 유사 색상 정보를 가지는 미해결 패턴 ID를 추정하여 빠르면서도 정확도가 높은 패턴 ID를 추출할 수 있다. 제안하는 방법을 통해 추출된 패턴ID는 카메라 사이의 위치 관계 정보 및

카메라와 프로젝터와의 위치 관계 파라미터를 바탕으로 물체에 대한 깊이 정보로 계산될 수 있다. 본 논문의 실험을 통하여 제안하는 방법이 기존의 Look-up table 방법과 dynamic 방법에 비해 더 정확하게 패턴 ID를 추출할 수 있음을 보여주었다.

제안하는 방법은 가시구조광 깊이 획득 시스템의 성능 향상에 큰 도움이 될 수 있음을 알 수 있었으며, 추후 GPU를 이용한 고속화 모듈의 구현을 통해 실시간 시스템을 개발할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부의 IT R&D 프로그램 (11Z1130, 3DTV 방송을 위한 Depth Map 획득 및 적용기술 개발)의 지원으로 진행되었습니다.

참고문헌

- [1] Roger B. R., T. Kim, J. Kim, W. Kim, and N. Hur, "Structured light-based high-accuracy depth imaging applied for DIBR in multiview 3DTV," Proc. of SPIE Vol. 7524 (Stereoscopic Displays and Applications XXI), Jan 18-20, 2010, San jose, California, USA.
- [2] Zhang, L., Curless, B., Seitz, S.M., "Rapid Shape Acquisition Using Color Structured Light and Multi-pass Dynamic Programming", International Symposium on 3D Data Processing, Visualization and Transmission, pp 24-36, 2002.
- [3] Je, C., Lee, S., and Park, R., "High-Contrast Color Stripe Pattern for Rapid Structured-Light Range Imaging", In European Conference on Computer Vision, pp 95-107, 2004.