

## 주-부 비전 카메라 기반의 실시간 입체 영상 시스템 구현

정은경\*, 백승해\*, 박순용\*\*

\* 경북대학교 전자전기컴퓨터학부

\*\* 경북대학교 IT 대학 컴퓨터학부

joelle@vision.knu.ac.kr, eardrops@vision.knu.ac.kr, sypark@vision.knu.ac.kr

### 요 약

크기가 다른 CCD 센서를 이용한 주-부 비전 카메라는 기존의 동일한 사양을 가진 비전 카메라에 비해 가격 경쟁력이 있을 뿐 아니라 고해상도를 보여줌으로써 듀얼렌즈의 단점을 보완한다. 본 논문에서는 초고화질-고화질 또는 고화질-중화질 등의 서로 다른 카메라와 렌즈를 사용하는 주-부 카메라 기반의 입체 영상 시스템을 제안한다. 또한 병렬처리 기법으로 각광받고 있는 GPU 프로그래밍 기법을 사용하여 획득된 영상의 수직 및 수평 시차를 실시간으로 제어하기 위한 프레임 워크(frame work)을 소개한다.

### 1. 서론

최근 입체영상으로 제작된 3 차원 콘텐츠(contents) 들이 개발됨에 따라 대중의 관심도 증가하고 있다. 이런 현상을 반영하여 3D TV 와 같은 입체영상을 출력하는 장치들이 개발되어 널리 보급되고 있으며, 동시에 좀 더 나은 화질의 콘텐츠들을 제공하기 위해서 3 차원 입체영상을 제작하는 시스템들이 많이 개발되고 있다.

입체영상을 제작하는 시스템은 입체영상을 획득하는 부분과 획득된 입체영상을 비전 및 영상처리 기술을 이용하여 카메라를 보정하는 부분으로 나눌 수 있다. 입체영상획득은 일반적으로 2 개의 카메라를 이용하는데 이는 인간이 양안을 통하여 거리감을 느낄 수 있다는 점을 바탕으로 한다. 양안카메라를 사용하여 좌우 영상을 획득할 때에는 많은 문제들이 발생하는데 가장 큰 문제는 좌우 영상간의 에피폴라인(epipole line)이 일치하지 않는 것이다. 정밀한 리그(rig)를 사용하여 좌우카메라를 조정하더라도 약간의 오차는 발생한다. 이와 같은 문제점들을 해결하기 위해서 소프트웨어를 통한 좌우 영상의 보정이 필요하다.

기존에 주로 미국과 일본을 중심으로 3 차원 및 입체영상 산업에 대한 연구 개발이 진행되어 오고 있다. 미국의 Silicon Imaging 사는 두 대의 HD 급 비디오 카메라를 사용하여 입체 카메라를 개발하였으며[1], 미국 21<sup>st</sup> Century3D 사는 비교적 작은 크기의 입체 카메라를 개발한 바 있다[2]. 또한 일본의 NHK 는 HD 급 입체 카메라를 이동 및 견착식으로 개발하였으며[3], 후지 카메라의 경우 단일카메라와 듀얼(dual)렌즈(lens) 장치를 이용한 입체 카메라를 개발하였다[4].

양안 카메라에서 획득된 영상을 보정해주는 장치

(stereo image processor)로는 Sony 사에서 개발한 MPE-200[5]모델과 3Ality 사에서 개발한 SIP 2900[6] 모델 등이 있다. 이들 장치는 리그에서 완벽하게 보정되지 못한 카메라간의 중심, 위치, 자세 등을 보정하여 좌우영상의 수직 시차가 일치하고 카메라의 방향이 평행하도록 하는 역할을 한다.

현재까지 개발되고 있는 대부분의 고해상도 입체 카메라는 두 대의 동일한 카메라 및 렌즈를 사용하여 개발되고 있어, 기존 방식의 카메라에 비해 두 배 이상의 비용이 소요된다. 그뿐만 아니라 입체 방송 및 영화 제작에 이용되는 카메라는 고가 장비로써 두 카메라를 고정된 리그에 구성할 시 많은 비용이 요구된다. 이러한 이유 때문에 휴대용 카메라로 적합한 형태인 듀얼렌즈 방식이 연구 되었다. 하지만 듀얼렌즈 방식의 입체 카메라는 영상 해상도가 절반으로 줄어들어 고해상도의 입체 영상을 획득하기에는 부족하다는 단점이 있다. 결과적으로 시중에서는 좀 더 낮은 비용으로 두 대의 카메라를 사용한 고해상도 입체 카메라 개발을 필요로 하고 있다.

이러한 점에서 본 논문은 초고화질-고화질 또는 고화질-중화질 등의 서로 다른 카메라와 렌즈를 사용하는 주-부 카메라 기반의 입체 영상 시스템을 제안한다. 동시에 획득된 영상의 수직 및 수평 시차를 실시간으로 제어하여 고화질의 입체감을 느낄 수 있도록 GPU 를 사용한 소프트웨어(software)로 제어한다. 우리가 제작한 시스템은 고가의 초고화질 카메라와 저가의 고, 중화질 카메라를 이용하여 초고화질 카메라만으로 제작된 스테레오영상 시스템과 유사한 품질을 제공한다. 하지만 초고화질 영상 시스템과 비교하여 적은 비용이 드는 장점이 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성되었다. 2 장에서는 제안하는 시스템의 구성과 구성하는 장치 및 소프

트웨어에 대해 설명한다. 3 장에서는 본 시스템에서 사용된 수직 및 수평 오차의 보정기술에 대해 언급한다. 마지막으로, 4 장에서는 제안한 시스템에 대한 결론을 내린다.

2. 시스템 구성

주-부 방식의 시스템은 오른쪽 영상과 왼쪽 영상이 각각 주카메라와 부카메라에 입력되어 NVIDIA 모니터를 통해 입체 영상으로 출력되며, 사용자는 셔터 안경을 쓰고 출력된 영상을 보게 된다. 이러한 환경에서 사용자는 서로 다른 CCD 센서를 사용하는 주카메라와 부카메라를 사용하므로 수직, 수평이 제어 되지 않은 입체 영상에 대해 피로감을 느낄 수 있다. 제안한 시스템에서는 자연스러운 입체감을 느낄 수 있도록 수직 및 수평 시차에 대한 오차를 제어할 수 있도록 한다.



(a) 출력 모니터와 에디터

(b) 셔터 안경



(c) 주-부 카메라 입력 장치

2.1 주-부 방식의 실시간 입체 카메라 실험장치

우리가 제작한 시스템은 크게 영상획득, 영상출력으로 구성된 하드웨어 부분과 획득된 영상을 제어할 수 있는 소프트웨어 부분으로 구성된다.

하드웨어 출력을 위해 사용한 장치는 NVIDIA사의 3D vision Pro 액티브 셔터 안경과 무선 방식의 컨트롤 허브를 120Hz 패널로 결합시킨 모니터이다.

액티브 셔터 안경 방식은 좌안과 우안의 영상을 번갈아 초당 120 프레임을 영사한다. 투영되는 영상 정보는 안경에서 직접 번갈아 셔터를 개폐하는 방식을 통해 보는 사람으로 하여금 3D 입체 영상을 인식하도록 한다.

입력장치는 주-부 입체 카메라 장치의 기하 및 영상 보정 실험을 위하여 고해상도 영상을 획득하고 실험할 수 있도록 구성한다.

본 논문에서는 SD 급 비전센서를 이용하여 두 종류의 주-부 입체 카메라 장치를 실험에 사용한다.

그림 1. 주-부 카메라 실험 장치

주-부 카메라는 특성상 서로 다른 영상의 성질을 가지는 CCD 센서와 동일한 렌즈를 사용하기 때문에 획득한 좌, 우 입체 영상은 영상의 특성이 다르다는 문제를 가지고 있다.



(a) 주카메라 영상

(b) 부카메라 영상

그림 2. 주-부 카메라 실험장치로 획득한 영상

표 1. 실험에 사용될 주-부 카메라의 사양

카메라		해상도	픽셀 사이즈	초점 거리	인터페이스
주	Pointgrey Grasshopper	640×480	6.45×6.45(μm)	12mm	1394B
부	Pointgrey Flea2	640×480	7.4×7.4(μm)	12mm	1394B

[표 1]은 초고화질 CCD 센서를 가진 주카메라와 고화질 CCD 센서를 가진 부카메라를 결합하여 주-부 카메라의 사양을 보여준다. [그림 1]의 (a)와 (b)는 출력장치, (c)의 왼쪽 카메라는 주카메라, 오른쪽 카메라는 부카메라로써, 주-부 카메라 장치와 리그를 결합한 실제 모델을 보여준다.



(a) 주카메라 영상

(b) 부카메라 영상

그림 3. 주-부 카메라 실험장치로 획득한 영상을 확대한 일부분

[그림 2]의 (a)와 (b)는 주-부 카메라가 각각 획득한 영상의 특성을 보여준다.

특한 영상이며, [그림 3]의 (a)와 (b)는 [그림 2]에서 획득한 영상들을 각각 확대한 것이다. 위의 두 그림으로 세부적인 영상의 특성은 주카메라와 부카메라의 화질과 밝기, 색의 차이, 수직 및 수평 시차의 오차가 생긴다는 것을 알 수 있다. 이는 곧 사용자가 어지러움이나 구토 증세 등의 불편함을 겪을 수 있다. 그러므로 서로 다른 주-부 카메라의 영상들을 동일한 특성으로 일치화할 필요가 있다.

### 2.2 주-부 카메라 보정 기술

영상의 프로세싱(processing)이나 매번 그려지는 3차원 장면은 수학적 계산이 집약되어 있어서 CPU에 많은 부담을 줄 수 있는 작업들이다. 최근 이러한 속도의 부담을 줄이기 위해 그래픽 처리장치(GPU)의 강력한 처리 능력을 활용하여 컴퓨팅 성능을 크게 개선시켜주는 병렬 컴퓨팅을 사용해 복잡한 계산을 처리하는 추세이다.

주-부 방식 입체 영상 카메라의 실시간 영상 보정 및 합성을 위해서는 고속의 영상처리가 가능해야 하므로 본 논문에서는 DirectX와 GPU를 사용한다. GPU를 활용하기 위하여 최근 가장 많이 사용되고 있는 CDUA 아키텍처를 사용하고, 서로 다른 특성을 가지는 카메라에서 획득한 좌, 우 입체 영상을 실시간으로 처리한다. [그림 4]는 DirectX와 CDUA를 사용한 주-부 입체 영상의 실시간 처리 및 디스플레이의 구성도를 보여준다.

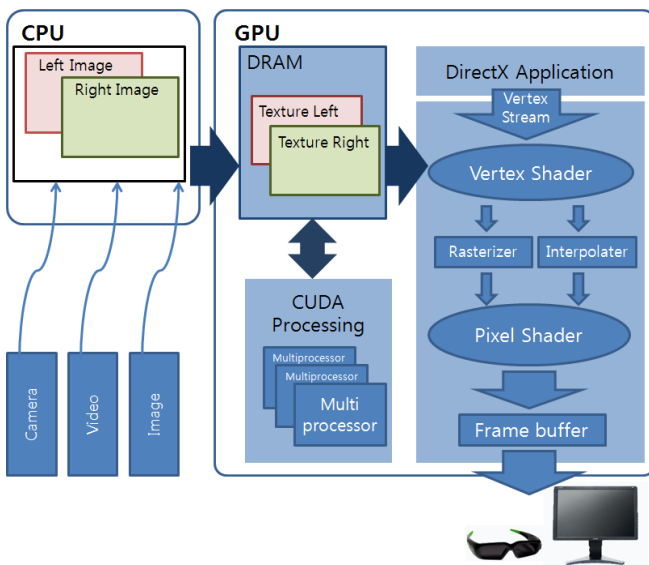


그림 4. DirectX와 CUDA를 이용한 주-부 입체 영상의 실시간 처리 과정

카메라 입력으로부터 DirectX를 이용하여 매 프레임의 영상을 CPU 메모리로 가져온 후 GPU의 텍스처 버퍼(texture buffer)로 업로드(upload)한다. GPU로 업로드된 영상은 고속영상 처리를 거치 후, 다시 CPU의 surface 버퍼로 복사되어 최종 디스플레이의

back 버퍼로 복사된다. 입체영상은 그래픽 디스플레이의 다중 버퍼링 기술을 이용하여 고속으로 출력된다. 아래의 [그림 5]는 [그림 4]를 간략하게 나타낸 의사코드를 보여준다. 획득된 두 영상은 CDUA의 이미지 프로세싱을 거치고 DirectX에서 스테레오의 헤더 정보를 포함하여 입체 영상으로 출력된다.

```

Main-sub STEREOSCOPIC SYSTEM

DirectD3D9 registration;
Getting CDUA and D3D9 devices;
2D texture Creation;

WHILE(1) DO
  IF(QUIT) THEN
    Program exit;
  ELSE
    Stereo images acquisition;

    //CDUA를 이용한 영상처리
    Images registration with CDUA;
    CUDA kernels starting;

    //DirectX를 이용한 스테레오 영상 출력
    Mapping stereo images to vertex;
    LPNVSTEREOIMAGEHEADER application;
    Getting the back buffer about stereo images;
    Presenting back buffer in swap chain;

  ENDIF
ENDWHIDLE

END STEREOSCOPIC SYSTEM
    
```

그림 5. DirectX와 CUDA를 이용한 입체 영상 시스템의 의사코드

### 3. 수평 및 수직 오차 보정

입체로 보여질 좌, 우 영상이 스크린으로 출력되고 동일한 물체의 영상점을 좌, 우 눈으로 볼 때 화면의 x축 방향의 좌표값 차이를 시차(parallax)라고 한다[7]. 무한대의 물체에 대한 시차를 ‘깊이 기준’이라 할 때 입체 모니터의 화면에 출력되는 좌, 우 영상의 어떤 물체의 깊이에 대한 시차는 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{시차} = \text{깊이기준} \times (1 - \text{스크린 깊이} / \text{물체 깊이}) \quad (1)$$

입체 카메라에서 획득된 좌, 우 영상의 수직 오차는 입체 영상을 시청하는 사람의 눈에 피로감을 유발하므로 수직 시차는 최소한의 보정이 필요하다. 또한 입체 영상의 수평 오차는 영상을 관측하는 사람에게 입체감을 제공하는 중요한 요소로써, 수평 오차를 시청하기에 가장 편안한 범위로 설정하는 것을 필요로 한다.

이렇게 사람이 입체영상을 편하게 볼 수 있는 시차의 범위를 ‘Depth budget’이라 하며[8], Depth budget

은 일반적으로 스크린의 앞쪽으로 +150 픽셀, 뒤쪽으로 -40 픽셀에 해당한다. 사람의 눈에 가장 편한 Depth budget 을 유지하기 위하여 카메라의 초점거리, 베이스라인, 수직 및 수평 시차 보정 등의 조절이 요구된다. 다음 [그림 6]는 주-부 방식 입체 영상의 수직 및 수평 오차를 보정하는 예를 보여준다.



(a) 보정 전

(b) 보정 후

그림 6. 주-부 입체영상의 시차 보정

시차 보정 시, 제안한 시스템은 앞의 언급한 두 카메라의 사양에서 초당 33 프레임을 유지함으로써 실시간으로 시차 제어가 가능함을 확인시켜 준다.

따라서 주-부 카메라는 두 카메라에서 획득된 각각의 입체 영상의 시차를 조절하여 Depth budget 을 유지하며 피사체 거리에 따른 적정 수평 시차를 보정할 수 있다. 이는 주-부 카메라의 광학적 특성을 일치화하여 사람의 시각 피로도를 저감시키는 효과를 가져온다.

#### 4. 결론

입체 카메라가 활성화되기 위해서는 휴대 가능하면서 고화질의 입체 영상을 획득하는 것이 중요하다.

본 연구에서는 서로 다른 CCD 센서를 사용한 주-부 방식의 입체 카메라의 프레임 워크를 구축하였다. 이 시스템은 영상 특성을 일치화할 수 있는 기반을 마련하고, 수직 및 수평 시차를 제어하여 새로운 형태의 입체 카메라 개발에 필요한 기반 기술을 보여준다. 또한 GPU 를 활용하여 모니터에 출력하므로 On-line 에서도 두 카메라의 영상은 실시간으로 획득할 수 있다.

결국 제안한 주-부 입체 카메라의 형태는 두 대의 카메라를 사용한 입체 카메라의 화질을 보장할 수 있을 뿐만 아니라 이동성 및 휴대성이 높아 기존 방식의 단점을 보완할 수 있다. 이것은 저가의 비디오 카메라를 이용한 제작 단가 절감뿐만 아니라 휴대용 입체 방송 카메라 개발에 필요한 기반 기술을 확보하는 계기를 마련한다. 그리고 주-부 입체 카메라를 개발하기 위하여 3 차원 영상 처리 및 컴퓨터 컴퓨터비전 기술을 필요로 함에 따라 국내 영상 소프트웨어 기술의 발전에 도움을 준다.

#### 감사의 글

본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2010 년도 콘텐츠산업기술지원사업의 연구결과로 수행되었음.

#### 참고문헌

- [1] Silicon Imaging, <http://www.siliconimaging.com/DigitalCinema/products.html>
- [2] 21st Century 3D, <http://www.21stcentury3d.com/3dcameras/3d-digital-cinema/>
- [3] 박창섭, 이준용, 함상진, 조인준, 이근식, “3DTV 방송용 카메라 기술 개발동향” 방송공학회지, 제 15 권, 제 1 호, pp. 12-23, 2010.
- [4] Fujifilm, [http://www.fujifilm.co.kr/community/review\\_pro\\_L.asp](http://www.fujifilm.co.kr/community/review_pro_L.asp)
- [5] Sony, <http://pro.sony.com/bbs/ssr/cat-switchersdanrouters/cat-switchers/product-MPE200/>
- [6] 3Ality, <http://3alitydigital.com/category/products/>
- [7] Richard Hartley, Andrew Zisserman, “Multiple View Geometry in Computer Vision” 2<sup>nd</sup> pp. 202-207.
- [8] Guan Qun Chen, “Monitoring 3D camera rigs for film production”, pp. 14-16.