

비기계적으로 동작하는 팬/틸트 카메라 시스템

권기준^o 신주홍 남동환 정순기 김영달⁺
 경북대학교 컴퓨터공학과

{gjkwon^o, jhshin, dhnam}@vr.knu.ac.kr, skjung@knu.ac.kr, ydkim@idis.co.kr⁺

Non-mechanical Pan/Tilt Camera System

Kijun Kwon^o Juhong Shin Donghwan Nam Soonki Jung Youngdal Kim⁺
 Dept. of Computer Engineering, Kyungpook National University
 IDIS Company, Ltd⁺

요 약

일반적으로 카메라는 좁은 시각 영역(field of view)을 가짐으로 인해, 넓은 영역의 뷰를 얻기 위해서는 모터를 이용하여 카메라를 팬/틸트시키는 것이 일반적이다. 하지만, 이들은 아직까지 기계적으로 카메라를 직접 움직여 원하는 영역의 영상을 보여주기 때문에, 내구성이나 떨어지며 생산 원가도 많이 든다. 또한 움직임으로 인한 모션 블러 현상도 나타난다.

본 논문에서는 한번에 넓은 지역을 촬영할 수 있고, 비기계적으로 팬/틸트가 가능한 카메라 시스템을 개발하고자 한다. 한번의 촬영으로 넓은 영역을 얻기 위해, 어안렌즈를 CCD 센서와 함께 사용한다. 또한, 어안렌즈(fish-eye lens)를 통해 얻은 왜곡된 영상을 왜곡 기술을 이용해 편 다음, 원하는 부분의 영상을 보여준다. 본 논문은 T1사의 TMS320DSC25 프로세서로 구현하였으며, 어안 렌즈 캘리브레이션 및 실시간 왜곡 보정, 영상 출력에 위한 방법을 소개한다.

1. 서 론

모터를 이용하여 기계적으로 팬/틸트하는 카메라와 달리, 카타디옵트릭(catadioptric) 시스템[1, 2]을 사용한 응용 예 또한 전형적인 비기계적 팬/틸트 시스템이라 할 수 있다. 하지만, 이 시스템의 경우, 사용하는 거울의 낮은 해상도와 거울 표면의 모양에 대한 의존도가 높고, 제작에 있어서도 카메라와의 위치 관계를 설정하는데 있어 신중함이 요구된다. 이에 반해, 어안 렌즈[3]의 경우 시중에서 쉽게 구입할 수 있으며, 일반 렌즈처럼 부착하면 되기에 사용에 있어서도 훨씬 수월하다. 영상의 해상도에 있어서도 카메라의 이미지 센서에 대해 의존하기 때문에 고해상도의 센서를 사용할 경우, 카타디옵트릭 카메라보다 영상의 해상도에 있어서는 훨씬 뛰어나다. 아울러, 본 시스템은 PC상에서 실행되는 것이 아니라, 자체의 하드웨어 상에서 동작하기 때문에 휴대 및 수행에 있어, 훨씬 간편함을 알 수 있다.

하지만, 본 시스템에서 사용하는 어안렌즈는 전형적인 넓은 시각(wide-angle)을 가진 렌즈로서, 일반 렌즈보다 왜곡이 심하다. 어안렌즈로 얻어진 영상으로부터 정상적인 뷰를 얻고자 할 때, 영상 상에 존재하는 왜곡은 심각한 문제가 된다[4]. 왜곡을 보정하기 위해서는 보통 두 가지 방법을 사용하는데, metric 접근과 non-metric 접근법이 있다. 기존의 metric 접근 기법들은 특이점(feature points)들을 인식해 내고, 이들 사이의 대응관계로 왜곡을 보정한다[5]. 하지만, 대응점들을 찾는 작업은 영상의 노이즈(noise)에 매우 민감하다. 최근에 여러 non-metric 접근 방법들이 연구되었다[6]. 이 방법들은

다항식의 왜곡계수를 반복적으로 구해 왜곡을 보정함으로써, 정밀함에 있어서는 우수하지만, 복잡하고 계산량이 많아서 수행시간이 길다는 단점이 있다. 본 논문에서 제안한 방법은 구면기하 및 사영기하를 사용한다. 구에서 평면으로 투영(projection) 연산만 수행하면 됨으로, 왜곡된 영상을 기존의 방법들보다 쉽고 빠르게 왜곡을 보정할 수 있다. 이를 기반으로, T1사의 TMS320DSC25 프로세서[7]를 이용하여 실제로 동작하는 시스템을 만들었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 별도의 서보 모터 없이 팬/틸트를 가능케 하는 시점 이동에 따른 왜곡 보정 방법을 제시하며, 3장에서는 이를 하드웨어로 구현한 내용을 소개하며, 4장에서는 결론과 향후 연구 계획에 대해 언급하도록 한다.

2. 시점 이동에 따른 왜곡 보정

시점이동에 따른 왜곡 보정을 하기 위해서는 그림1처럼 새로운 뷰에 대한 좌표계(x', y', z')로 좌표교환이 이루어진

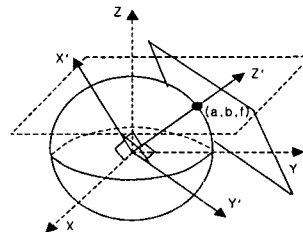


그림 1. 새로운 뷰에 대한 좌표계 변환

후 평면으로의 투영연산을 통해 왜곡 보정을 한다.

그림1에서처럼 뉴 포인터의 좌표 값이 (a, b, f)라면 직교 좌표계의 기저(basis) 관계로부터 다음과 같이 새로운 직교 좌표축 X', Y', Z'의 기저벡터를 얻을 수 있다.

$$\beta_z = \frac{1}{\sqrt{f^2 + a^2 + b^2}} \begin{pmatrix} a \\ b \\ f \end{pmatrix}$$

$$\beta_x = \frac{1}{\sqrt{f^2 + a^2}} \begin{pmatrix} f \\ 0 \\ -a \end{pmatrix}$$

$$\beta_y = \frac{\sum x_i \beta_i}{|\sum x_i \beta_i|}$$

그러면 입력영상에서 X, Y, Z좌표계 상의 한 점 (x_d, y_d, f) 는 X', Y', Z' 좌표계 상의 한 점 (x'_d, y'_d, f') $= (x'_d * \beta_x, y'_d * \beta_y, f' * \beta_z)$ 으로 나타난다. 이 점은 다음 식에 의해 평면으로 투영연산을 수행해서 영상을 보정한다

$$(x_u, y_u) = (x'_d * \frac{F}{L}, y'_d * \frac{F}{L})$$

여기서 (x_u, y_u) 는 구하려고 하는 왜곡이 보정된 점이며, (x'_d, y'_d) 는 영상에서 주어지는 왜곡이 있는 점이고, F는 초점거리, L은 길이(norm)로 즉, $\sqrt{x'^2_d + y'^2_d + F'^2}$ 이다. 여기서, 카메라 내부 파라미터의 캘리브레이션은 [8]의 방법을 사용한다.

3. 하드웨어 구현

본 시스템의 경우, 카메라의 해상도에 대한 의존도를 가지므로 시중에 판매되는 NTSC 카메라가 아니라, 고해상도를 가지는 디지털 카메라를 제조하여 사용한다. 또한, 본 연구에서는 마이크로 프로세서의 구동을 위해 Evaluation Module(EVM)을 사용한다[7].

CMOS 모듈은 EVM의 CMOS 커넥터를 통해, 보드에 연결이 되며, 사용자로부터의 입력은 EVM상에 있는 키패드를 통해 이루어지게 된다. 타이머 모듈을 이용하여 주기적으로 키패드의 상태를 스캔하는 동시에, ARM 프로세서는 CMOS 모듈 및 Preview Engine을 통해 입력된 영상 데이터를 SDRAM 상에 YUV 포맷으로 저장하게 된다. 저장된 영상 데이터는 사용자의 입력이 있었는지를 나타내는 플래그를 확인한 후, 만일 사용자의 입력이 없었으면 아무런 프로세싱 없이 일반 Preview 모드로 영상을 TV 모니터를 통해 디스플레이 하게 된다. 반면에, 사용자의 입력, 곧 시점 변경이 발생하였으면 ARM 프로세서는 이를 감지하여 변경된 좌표 및 각종 매개 변수를

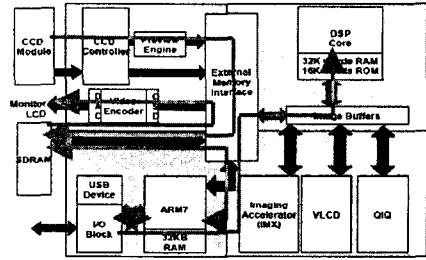
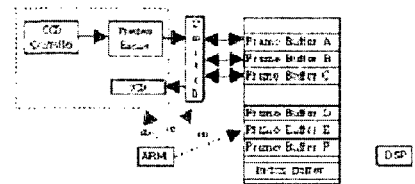


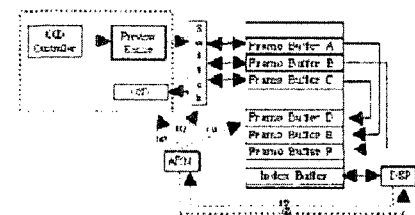
그림 3. DSC25의 블록 다이어그램 및 프로세싱 흐름[9]

을 HPI를 통해 버퍼로 전송하게 된다. 파라미터 값들의 전송이 완료되면, DSP 프로세서는 2절의 시점 이동에 따른 왜곡 보정 알고리즘을 수행하게 된다. 구현상에 있어서는 본 알고리즘 특성상 Long형, 실수형 데이터 및 sqrt(square root) 연산의 빈번한 수행으로 인해 프로세싱 시간이 길어진다. 이러한 문제들을 해결하기 위해, 본 연구에서는 알고리즘 수행에 있어 정확도는 유지되되 불필요하게 프로세싱 시간을 소비하는 부분에 대해, optimal하게 수행 가능도록 데이터 타입을 신중히 고려하였다. 또한, sqrt의 경우 실수형 데이터를 기반으로 해서 연산을 수행하는 것이 아니라, Wilco Dijkstra[10]가 제안한 비트 연산을 기반으로 sqrt를 수행함으로써 평균적으로 3배 이상 빠른 결과를 얻을 수 있었다. DSC25의 세부 블록 다이어그램 및 프로세싱 흐름은 그림 3과 같다.

수행 중에 새롭게 입력으로 들어온 영상 데이터가 현재 사용 중에 있는 데이터를 덮어쓰는 경우를 방지하기 위해, 본 연구에서는 Preview 모드를 위해 3개의 버퍼, 곧 Frame Buffer A, B, C를 사용하였으며, 또한 왜곡 계수 보정에 따른 영상 데이터의 재배열을 위해 사용되어지는 Frame Buffer D, E, F 및 DSP에 의해 계산되어진 왜곡 계수를 저장하는 Index Buffer를 사용한다. 그



(a) 카메라 입력 모드



(b) 사용자의 입력 모드

그림 4. 사용자의 입력에 따른 프로세싱 흐름도

림 4는 사용자의 입력이 있는 경우와 없는 경우 각각에 대한 프레임 버퍼 사용 예를 보여주고 있다.

실제로 구현된 시스템은 그림 5와 같다.

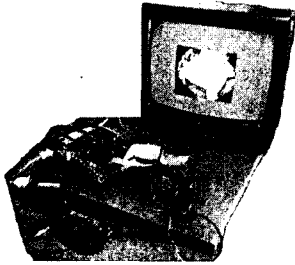


그림 5. 구현된 시스템

하지만, TMS320DSC25의 성능 저하로 인해 NTSC 해상도를 가지면서 실시간으로 수행시키는 것은 힘들다. 실제로, 아무런 프로세싱 없이 단순하게 CMOS 카메라로부터 영상을 입력으로 받아 이중 버퍼링으로 출력하는데 있어서도 끊김 현상이 일어난다. 실험 결과, TMS320DSC25 정도의 성능을 가지는 프로세서를 사용할 경우, 사용자의 입력에 대해 끊김 없이 실시간으로 수행 가능한 해상도는 160*120이다. 그림 6은 전체 영상 및 여러 해상도에 대해 알고리즘을 수행시킨 결과이다.

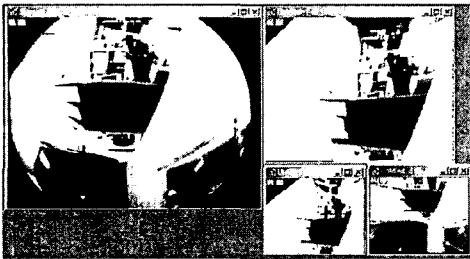


그림 6. 왼쪽 영상은 입력 영상을 나타내며, 오른쪽 상단은 해상도를 320*256로 하였을 때 결과, 오른쪽 하단은 해상도를 160*128로 하였을 때 결과임

4. 결론 및 향후 과제

본 연구에서는 기존에 넓은 영역의 영상을 얻기 위해, 다중 카메라를 이용한 시스템[11] 또는 하나의 카메라를 기계적으로 팬/틸트하는 시스템과 달리, 하나의 카메라를 이용하되, 렌즈로는 어안렌즈를 부착하여 180도의 시각 영역에 해당하는 영상을 얻었다. 또한, 왜곡을 보정하는데 있어, 기존의 방법이 아니라 기하학적으로 왜곡을 모델링 함으로써 실시간으로 수행 가능한 알고리즘을 개발하였다. 또한, 이를 기반으로 하드웨어로 구현함으로써, 상용화를 가능토록 하였다.

향후 과제로는, 본 시스템의 경우 사용하는 이미지 센서와 프로세서 종류에 따른 시스템의 성능 의존도가 매우 강하다. 실제로, 현재 시중에 나와 있는 이미지 센서와 프로세서를 사용하여도 NTSC 해상도에 대해 실시간으로 수행되는 것이 가능하다.

5. Acknowledgments

이 논문은 2003년도 두뇌한국 21 사업에 의하여 지원되었음.

6. 참고 문헌

- [1] Shree K. Nayar, "Omnidirectional Video Camera", Proc. of DARPA Image Understanding Workshop, New Orleans, May 1997.
- [2] Shree K. Nayar and Terry Boult "Omnidirectional Vision Systems: 1998 PI Report", Proc. of DARPA Image Understanding Workshop, Monterey, Nov 1998.
- [3] <http://www.lcns-optic.com/english/lensoptic/pentax/vario.html>.
- [4] Manual of Photogrammetry, 4th Edition, (C.C. Slama, editor), American Society of Potogrammetry, Falls Church, Virginia, 1980, pp. 261-264.
- [5] Xianghua Ying, Zhanyi Hu, "Distortion Correction of Fisheye Lenses Using A Non-Parametric Imaging Model", ACCV2004, Jeju.
- [6] Shree K. Nayar, Senior Member "Nonmetric Calibration of Wide-Angle Lenses and Polycameras", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 22, no. 10, 1172-1177, 2000.
- [7] <http://focus.ti.com/pdfs/vf/vidimg/dsc25pb.pdf>.
- [8] 신주홍, 남동환, 권기준, 정순기, "실사기반 가상환경의 항해를 위한 어안 렌즈의 왜곡 모델링 및 보정 기법", HCI2004 학술대회논문집, 강원도 휘닉스파크, 2004.
- [9] Texas Instruments, "Using DSC25 Development Tools", Module4, DSC25 Workshop.
- [10] <http://www.finesse.demon.co.uk/steven/sqrt.html>.
- [11] <http://www.ptgrey.com>.