

SDRAM 을 이용한 실시간 입체영상 변환기 구현

김경원*, 최철호*, 최명렬*
*한양대학교 전자전기제어계측공학과
e-mail : kyongwon@asic.hanyang.ac.kr

Use a SDRAM to Implement an Real-Time Stereoscopic Image Converter

Kyong-Won Kim*, Chul-Ho Choi*, Myung-Ryul Choi*
*Dept. of EECI, Han-Yang University

요 약

본 논문에서는 2 차원 동영상을 SDRAM 을 이용하여 실시간 3 차원 입체영상으로 변환하는 장치를 설계 및 구현하였다. 2 차원 동영상에서 운동시차를 추출하여 서로 다른 원근 깊이를 갖는 입체영상을 실시간으로 생성하여 기존의 실시간 입체영상 변환기에서 물체의 운동방향과 속도에 제한을 받는 단점을 개선하였다. 본 논문에서는 깊이의 지각요인을 소개하고 기존 실시간 변환방법과 제안한 입체영상 변환 방법의 원리에 대해 설명하였다. 그리고 실시간 영상 처리를 위해 설계한 SDRAM 컨트롤러와 구현한 변환기의 성능을 기술한다.

1. 서론

인간의 뇌는 좌안과 우안을 통해서 서로 다른 영상을 받아들여 하나의 입체 영상으로 합성하여 인식을 한다. 입체 영상 시스템은 이런 점에 착안하여 인공적으로 입체감을 느끼게 한다. 일례로 입체영상 변환은 카메라 1 대로 촬영한 정지 영상 또는 동영상을 변환 기술을 이용하여 입체영상을 제작하는 것이다. 입체 영상 변환 기술은 입체영상을 2 대의 카메라로 얻지 않고 기존의 영상, 텔레비전, VTR 등의 실시간 전송 및 재생되는 2 차원 영상을 입체영상으로 변환하는 기술이다. 본 논문에서는 실시간 영상데이터 처리를 위해 SDRAM 컨트롤러를 설계 및 구현하였으며 2 차원 동영상에서 운동시차를 추출하여 서로 다른 깊이를 갖는 입체 영상을 생성하고, 물체의 운동방향과 상관 없이 입체 효과를 나타내는 입체영상 변환 방법을 제안하고 입체영상 변환기를 설계 및 구현하였다.

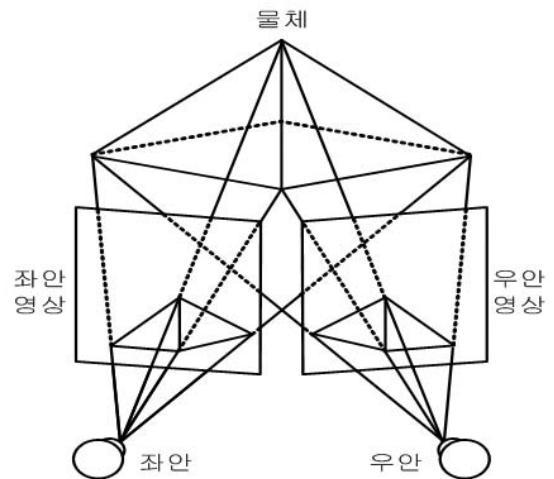


그림 1. 입체영상 인식의 원리

2. 깊이 정보 지각요인

입체감에는 심리·기억요인과 생리요인이 있는데 생리적 요인에서 단안의 요인에는 초점 조절, 운동 시차, 시야의 크기, 공기 투시 등의 요인이 있다. 그 중 효과가 큰 운동 시차의 원리를 예를 들어 설명하면 다

음과 같다. 움직이고 있는 전차의 창문을 통해 밖의 경치를 바라보면, 먼 곳에 있는 산이나 구름 등은 거의 움직이지 않지만, 가까이 있는 집이나 가로수 등은 가까울수록 빨리 뒤로 흘러간다. 또 어떤 대상을 주시 하면서 자발적으로 머리를 움직이면, 주시점으로부터 먼 곳에 있는 것은 관찰자가 움직이는 방향과 같은 방향으로, 주시점에서부터 앞에 있는 것은 관찰자가 움직이는 방향과는 반대방향으로 각각 거리와 함께 크게 움직여 보인다. 이같이 관찰하는 사람의 위치와의 상대적인 변화에 따라 생기는 대상물의 움직임 차이를 운동시차(motion parallax)라 부른다.

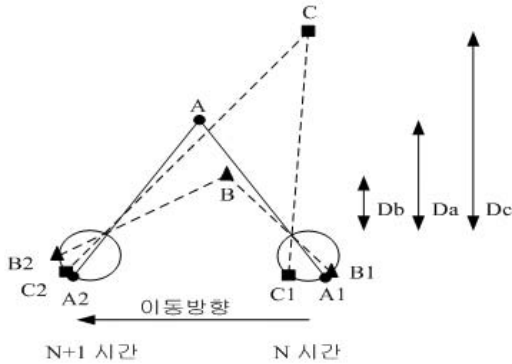


그림 2. 운동시차

그림 2 에서와 같이 N 시간에 거리가 다른 물체 A, B, C 를 관찰 후 이동하여 N+1 시간에 물체를 관찰 하면 가장 가까운 거리의 B 점은 망막에 B1 에서 B2 로 멎히게 되어 가장 많은 움직임을 갖게 인식되며, A, C 의 물체도 같은 방법으로 망막에 상이 멎히게 되어 움직임을 많은 순서가 B, A, C 가 된다. 양안의 요인에는 양안의 시차가 가장 중요한 역할을 한다. 양안 시차는 양안 간격의 양안의 망막에는 대상물의 미소한 차이의 다른 상이 멎히게 되는 것이다.

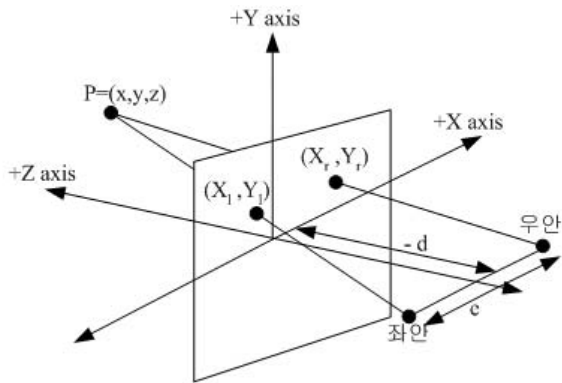


그림 3. 양안 시차

그림 3 에서처럼 입의 투영점 P(x,y,z)을 양안이 응시할 때 우안, 좌안 사이 거리 e 를 투영면까지의 거리를 - d 라 하면 좌안 영상이 표시되는 곳 (Xl,Yl)과 우안 영상이 표시되는 점(Xr,Yr)은 다음과 같다.

$$X_l = \frac{xd - ze}{d+z} \quad Y_l = \frac{yd}{d+z} \quad (1)$$

$$X_r = \frac{xd + ze}{d+z} \quad Y_r = \frac{yd}{d+z} \quad (2)$$

이때 Xl에는 좌안 영상이 Xr 에는 우안 영상이 표현되면 인간의 뇌는 실제상이 나타난 면에서 +Z 만큼의 깊이를 가지는 투영점 P(x,y,z)에 상이 있다고 느끼게 된다. 본 논문에서는 이 원리를 이용하여 입체 영상 변환기를 구현하였다.

3. 기존의 실시간 입체영상 변환방법

Okino 그룹은 세계 최초로 MTD(Modified Time Difference)방식을 이용하여 2 차원-3 차원 동영상 변환 TV 를 개발하였다. 이 변환 기술은 현재 영상과 카메라 및 물체 운동이 존재할 때에 시간적으로 지연된 영상을 각각 좌안 영상과 우안 영상으로 보여 입체 효과를 얻는 방식이다. 이 방식은 움직임이 크지 않을 때에는 효과가 크지만 운동량이 커지면 고스트(ghost)가 생기는 단점이 있다.

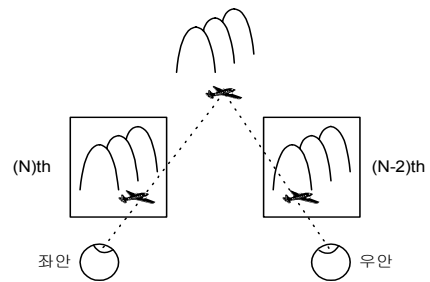
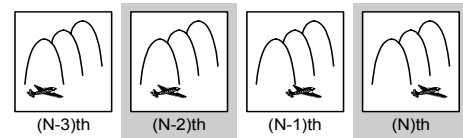


그림 4. MTD 방법

4. 제안한 실시간 입체영상 변환 방법

제안한 입체 영상 변환 방법은 2 차원 영상에서 운동시차를 이용하여 영상 내 운동 물체의 운동 방향 및 속도와는 상관없이 서로 다른 원근 오행을 갖는 입체 영상을 실시간으로 제공한다.

i) 샘플 영상의 취득

먼저 운동 시차의 효율적인 계산과 실시간 처리를 위하여 현재 및 이전 영상의 해상도 보다 작은 해상도의 샘플 영상을 PD1, PD2 의 등간 격으로 취득한다. 등간 격으로 샘플링된 샘플 영상은 원영상의 형상 정보 및 휘도 분포 특성이 동일하다.

ii) 움직임 검출 및 영역 분할

현재 및 이전 영상에 대한 샘플 영상의 휘도 신호에서 움직임이 있는 픽셀을 검출한다. 움직임 검출 방법은 현재와 이전 영상의 픽셀 차의 절대값을 구하

고, 임계값 비교를 통하여 정지 및 움직임 픽셀로 구분하였다. 여기서는 정지 픽셀과 움직임 픽셀 이렇게 두 가지 상태로만 검출을 하였는데, 정지 픽셀은 일반적으로 배경을 이루는 픽셀로 상대적으로 먼 거리에 위치해 있는 것으로 가정하고, 반대로 움직임 픽셀은 상대적으로 가까운 위치에 있는 것으로 가정한다.

iii) 오행 지도(Depth Map) 생성

샘플 영상에서 각 영역당 계산된 8 개의 움직임 픽셀의 대표값을 이용하여 원영상의 해상도 크기의 오행 지도를 작성한다. 즉, 움직임 픽셀의 대표값을 중심으로 실험 결과에 의하여 상/하위 25%의 오차를 갖는 픽셀 값을 움직이는 물체를 구성하는 픽셀 군으로 정하고, 상대적으로 가까운 위치에 있는 영역이므로 오행 값을 작게 설정해주며, 그 외의 픽셀군은 오행 값을 크게 설정한다.

iv) 양시차(Positive Parallax) 처리

본 논문에서는 배경 및 운동 물체의 시차 처리는 모두 양시차 처리를 행하여 움직이는 물체가 화면 안쪽에 위치하고 배경 또한 움직이는 물체보다 더 뒤쪽으로 화면 안쪽에 위치하도록 하였다. 배경과 운동 물체의 오행 차이를 4 픽셀로 한정했으며, 오행 차이에 의한 교합 문제는 ZOI(Zero Order Interpolation) 및 FOI(First Order Interpolation) 과 같은 보간 알고리즘을 사용하여 해결하였다.

5. 실시간 데이터 처리를 위한 SDRAM 컨트롤러

실시간으로 데이터를 처리하기 위한 타이밍도를 그림 5 와 같이 설정하였다. SDRAM1 은 입력되는 짝수 필드 1 과 홀수 필드 2 를 저장하며, SDRAM2 에는 짝수 필드 3 와 홀수 필드 4 를 저장하면서 SDRAM1 에 저장되어 있는 데이터를 읽어 3 차원 영상 처리를 한다. 그리고 SDRAM3 에 짝수 필드 5 와 홀수 필드 6 를 저장하면서 SDRAM2 에 입력된 데이터를 읽어 3 차원 영상 처리를 수행한다. 그 후 첫 번째 3 차원 영상은 필드 5 가 쓰여질 때 메모리 1 의 데이터를 읽어 parallax 처리를 하여 비디오 인코더로 출력한다

VSYNC	E	O	E	O	E	O	E	O
Video Decoder	1st Field	2nd Field	3rd Field	4th Field	5th Field	6th Field	7th Field	8th Field
SDRAM1	WR	WR	RD	RD	RD	RD	WR	WR
SDRAM2			WR	WR	RD	RD	RD	RD
SDRAM3					WR	WR	RD	RD
Process		1,3 Field	2,4 Field	3,5 Field	4,6 Field	5,7 Field	6,8 Field	
Video Encoder				1st	2nd	3rd	4th	

그림 5. SDRAM 동작 타이밍도

그림 7 은 SDRAM 컨트롤러에 대한 블록도 이다. 3 개의 메모리에 대해 각각의 컨트롤러를 설계하였다. 그리고 각각의 컨트롤러의 읽기와 쓰기를 제어하는 MAIN_CONTROLLER 를 설계하였다.

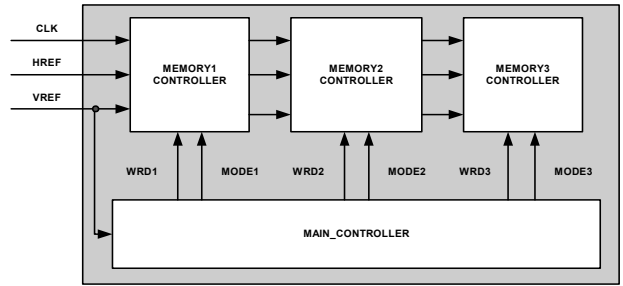


그림 7. SDRAM 컨트롤러

그림 8 은 메모리 제어의 상태 천이도를 나타낸 것이다. IDLE 상태에서 Precharge All(PALL) 상태로 천이 후 VREF 가 0 이면 NOP(No Operation)상태가 될 때까지 REF(Refresh), REF_DELAY, MRS(Mode Resister Setting)를 수행한다. 그리고 VREF 가 1 이면 NOP(No Operation) 상태로 천이 후 ACTIVE 가 0 이면 반복을 1 이면 ACT 상태로 천이 한다. ACT 상태에서 WRD 가 0 이면 WRITE 상태, 1 이면 READ 상태로 천이 되고, ROW_CNT 가 255 보다 작을 때까지 같은 동작을 반복한다.

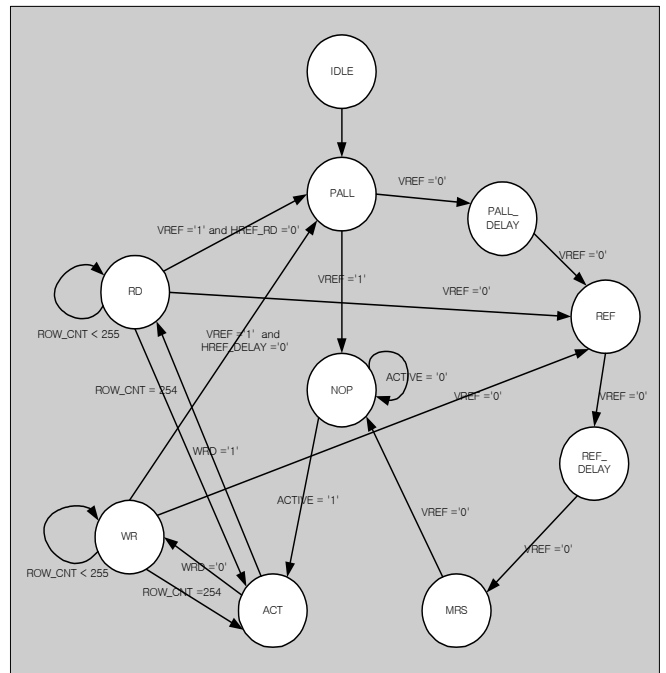


그림 8. SDRAM 상태 천이도

6. 입체 영상 변환기의 구조

구현한 입체 변환기는 비디오 코덱, 3 개의 SDRAM, 그리고 FPGA 로 구성되어 있다. 비디오 아날로그 입력 CVBS(Composite Video Broadcast Signal) 또는 S-video(Y/C)를 입력으로 받아 ITU-656 요소로 변환해 준다. 비디오 인코더는 디지털 YUV 색채 신호를 NTSC, PAL 의 CVBS 또는 S-video 로 변환해 준다. SDRAM 은 비디오 디코더에 의해 생성된 ITU 656 YUV 4:2:2 포맷의 데이터를 저장한다.

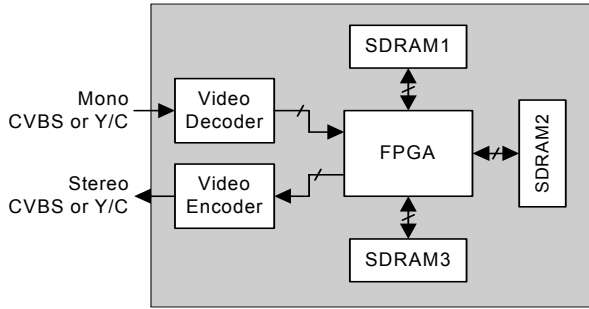


그림 9. 시스템 구성도

7. 구현 및 검증

VHDL 을 이용하여 제안한 입체 영상 변환 기법을 설계하고 그림 10 과 같이 데모 시스템을 구성하여 구현 및 검증하였다. 우리는 300 만 Gate FPGA 와 비디오 코덱과 외부 SDRAM 을 사용하였다. 전체 평균 Gate 수는 3 만여 개 이고 최대 주파수는 75MHz 이다.



그림 10. 실시간 입체 영상 변환기 데모 시스템



그림 11. 2D 영상



그림 12. 3D 입체영상

그림 11 은 기존 TV 의 2 차원 영상이고 그림 12 는 입체 변환기를 사용하여 제작된 입체 영상이다. 2 가지 그림에서 보는 것과 같이 일반 2 차원 영상으로부터 원근정보를 가지고 있는 입체 영상으로 실시간 입체 영상 변환기를 설계 및 구현 하였다. 이 입체 영상 변환기는 물체의 방향과 속도에 상관없이 실감나는 입체 영상을 만들 수 있다. 입체 영상 변환기는 실시간 입체영상 변환이 가능하다.

참고문헌

- [1] Lipton, et al., Stereoscopic Television System with Field Storage for Sequential Display of Right and Left Images, U.S. Patent No.4, 562,463, 1985
- [2] T. Okino, et al., "New Television with 2D/3D Image Conversion Technologies," SPIE Photonic West, vol. 2653, pp. 96-103, 1995.
- [3] H. Murata, et al., "Conversion of Two-Dimensional Image to Three Dimensions," SID '95 DIGEST, pp. 859-862, 1995.
- [4] Y. Matsumoto, et al., "Conversion System of Monocular Image Sequence to Stereo using Motion Parallax," SPIE Photonic West, vol. 3012, pp. 108-115, 1997.
- [5] B. J. Garcia, "Approaches to Stereoscopic Video Based on Spatio-Temporal Interpolation," SPIE Photonic West, vol. 2635, pp. 85-95, San Jose, 1990.
- [6] Jean Hsu, "Issues in the design of studies to test the effectiveness of stereo image", IEEE transactions on systems, man, and cybernetics, vol.26, no, 6, no