

DSP 보드에 영상처리를 이용한 캠코더 자동초점조절 시스템의 구현

An Implementation of a Camcorder Autofocus control system With image processing on the DSP Board

이승준(Seung Joon Lee)¹⁾ 이상범(Sang-Burm Rhee)²⁾

요 약

본 논문은 DSP보드에 캠코더의 NTSC 카메라로부터 획득한 칼라영상에서 휘도성분만을 추출한 후 비교적 간단한 영상 처리를 하여 카메라 렌즈의 초점 조절에 필요한 정보를 추출하여 자동으로 초점이 조절되는 시스템을 구현 하였다. 초점이 정확한 물체는 경계선이 뚜렷하다는 점을 이용하여 영상을 미분한 후 실험적으로 구한 초점조절에 유효한 값의 합이 증가하는 쪽으로 렌즈를 조절함으로써 영상에 적합한 초점을 얻을 수 있었다. 또한 잡음 성분에 해당하는 미분 값이 큰 값은 제외함으로써 보다 정확한 초점 값을 얻을 수 있었다.

ABSTRACT

This paper implement an Camcorder NTSC camera autofocus control system on the DSP Board. The information of camera lens control obtain the only brightness simple image processing from the NTSC camcorder camera image. The exact focus makes the exact boundaries. The camera lens control that the increase sum of the useful ingredient values. Useful value obtained experiment value. Also noise is except because a big value of the ingredients so that obtained focus more accurate value.

논문 접수 : 2008. 6. 5.

심사 완료 : 2008. 6. 17.

1) 단국대학교 박사과정 수료

2) 단국대학교 전자컴퓨터공학과 교수

1. 서론

카메라에서 획득된 영상의 열화 요인 중 가장 중요한 요소 중 하나는 렌즈의 초점이 맞지 않아 발생하는 흐림 현상이다.[1] 최근의 디지털 카메라는 초음파나 적외선을 사용하여 피사체와의 거리를 계산하여 초점을 맞추는 방법을 사용하지 않고 획득된 영상을 디지털신호처리하여 초점을 제어하므로 보다 정밀한 초점제어가 가능하고, 초음파나 적외선 센서를 사용하지 않아 부품수를 줄임으로 소형 경박화가 가능하게 되었다. 일반적으로 디지털 카메라의 정확한 초점 조절을 위해서 많이 사용하는 방법이 초점이 맞은 영상은 그렇지 않은 영상보다 물체의 경계선이 뚜렷하기 때문에 고주파 성분을 많이 포함 한다는 것이다.[2] 그러나 영상에 포함된 잡음은 화질열화의 또 다른 중요한 요소 일뿐 아니라 영상의 고주파 성분의 일부분으로 인식되어 안정된 초점조절에 방해가 될 수 있다.[3]

본 연구에서는 영상에 Laplacian Filter를 적용하여 얻은 영상의 히스토그램을 분석하여 초점 조절에 필요한 성분을 찾아내고 잡음 성분이 포함된 부분을 분석하여 초점조절시 사용되는 고주파 성분에는 포함되지 않도록 하였다. Laplacian Filter를 통하여 얻은 영상에서 초점 조절에 유효한 화소들의 값을 더한 값이 증가하는 방향으로 렌즈를 콘트롤하여 가장 큰값에서 정확한 초점을 얻을 수 있다.[3]

영상디지털 신호처리에는 TI(Texas Instrument)의 TMS320C6713 고성능 DSP프로세서를 사용한 PM6713을 사용하였다. 카메라는 적외선센서를 이용하여 초점 조절하던 일반 캠코더용 카메라의 영상을 이용 하였고, 캠코더 렌즈에 부착된 초점제어용 모터는 캠코더의 렌즈부에 부착된 모터를 이용 하였다. 캠코더 카메라 영상을 DSP Board로 입력하기 위해 Philips사의 SAA7113 비디오 디코더가 사용된 인터페이스 보드를 이용하였고, 카메라로 입력된 640X480 크기의 NTSC 칼라 영상의 크기는 영상입력 인터

페이스 보드에서 320X240 크기로 변환한 후 YUYV형식으로 변환하여 영상인터페이스 보드 메모리에 저장된다.[3] 모터 제어용 인터페이스 보드는 직접 하드웨어를 제작하여 2진 bit의 출력만으로 초점조절 모터가 제어되도록 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 첫째, 영상에서 고주파 부분을 검출하여 하는 알고리즘은 2장에서 설명한다. 둘째, 영상처리에 필요한 DSP Board 및 영상 입력 인터페이스 보드와 모터제어용 인터페이스 보드의 구성은 3장에서 설명한다. 마지막으로 결론 및 향후 연구 방향은 4장에 제시 한다.

2. 영상처리를 이용한 초점 조절 알고리즘

2.1 카메라 초점조절 알고리즘

카메라 영상으로부터 초점 정보를 획득하여 렌즈를 구동하는 알고리즘은 다음 그림과 같다.

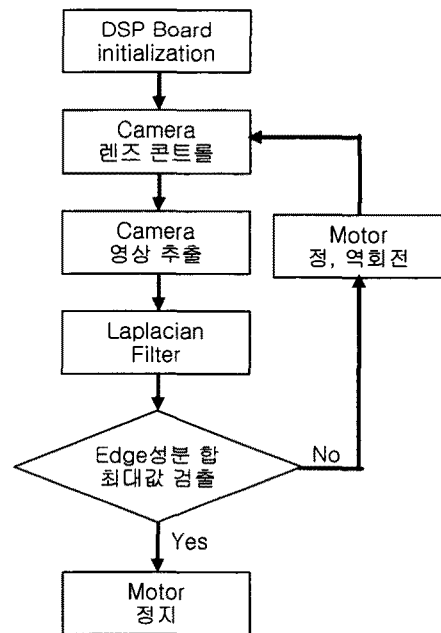


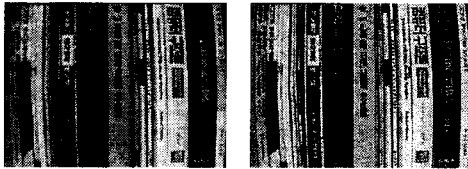
그림2.1 카메라 초점조절 알고리즘

2.2 칼라영상에서 흑백영상으로 변환

YUYV 모델의 칼라영상은 pixel당 16-bit의 데이터로 휘도성분인 Y성분 8-bit(High Byte)와 색차성분 U, V가 각각 8-bit(Low Byte)로 그림2.2와 같은 구성을 이루고 있다. 이중 휘도성분인 Y성분만을 추출하면 흑백영상을 얻을 수 있다. Y성분을 추출하기 위한 방법으로 16-bit YUYV 신호 성분중 상위 8-bit만을 취함으로 얻을 수 있다.

Screen Buffer WordAddress	High Byte	Low Byte
0	Y0	U0
1	Y1	V0
2	Y2	U2
3	Y3	V2
4	Y4	U4
5	Y5	V4
...

그림2.2 칼라영상의 YUYV 표현



(a) 칼라영상 (b) 흑백영상

그림2.3 Y성분을 추출하여 얻은 흑백 영상

2.3미분연산자적용

흑백 영상으로 부터 초점에 대한 정보를 얻기 위해서는 Laplacian Filter 후 검출된 edge 값을 더하여 가장 큰 값으로 렌즈를 조정하면 카메라에서 초점이 맞추어진 영상을 검출할 수 있으며, 두변 함수 $f(x, y)$ 의 Laplacian은 다음과 같이 정의된다.[1]

$$\nabla^2 f = \frac{\delta^2 f}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 f}{\delta Y^2} \quad (2.1)$$

이를 이산신호 함수에 적용하기 위해

$$\frac{\delta^2 f}{\delta x^2} = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y) \quad (2.2)$$

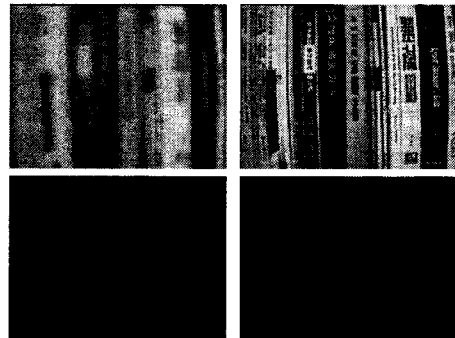
$$\frac{\delta^2 f}{\delta y^2} = f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y) \quad (2.3)$$

을 사용하여 Laplacian 오퍼레이터를 다음과 같이 표현 된다.

$$\nabla^2 f = [f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4f(x, y)] \quad (2.4)$$

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

그림2.4 Laplacian Filter 마스크



(a) (b)

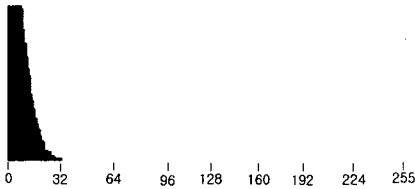
그림2.5 Laplacian Filter 마스크를 통한 영상

그림2.5의 (a)는 초점이 안맞은 영상과 (b)는 초점이 정확히 맺힌 형상에 Laplacian Filter 마스크를 통해 Edge 만을 검출한 영상이다. 위 그림(a)는 초점이 정확하지 않을 시에는 경계선이 뚜렷하지 않아 영상에서 Edge 성분이 검출되지 않아 검은 영상을 보여주고 있다. 그

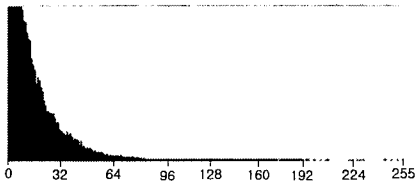
림(b)는 초점이 정확히 맺힌 영상으로 경계선 부분이 검출되고 있음을 보여주고 있다.

2.4 히스토그램 분석

그림 2.6 (a)는 카메라에서 처음 추출된 영상에서 Laplacian Filter 후 검출된 edge 영상의 히스토그램을 보여주고 있다.



(a) 그림 2.5 (a)의 히스토그램



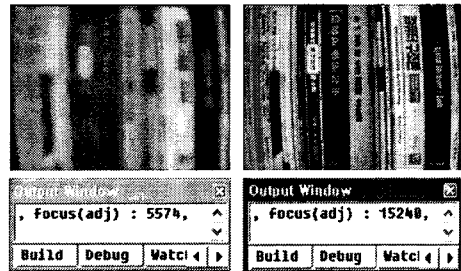
(b) 그림 2.5 (b)의 히스토그램

그림 2.6 Edge 영상의 히스토그램

그림 2.6의 히스토그램은 영상에서 초점이 맞지 않은 영상(a)와 초점이 맞은 영상(b)의 휘도성분의 분포 차이를 확실히 보여주고 있다. 히스토그램에서 보는 바와 같이 Edge영상의 휘도가 $h[0, 1... 255]$ 로 표시 될 때, 휘도 크기 $h[0, 1... 31]$ 는 초점에 관계없이 빈도수의 변화가 적다.

$h[97... 255]$ 의 경우는 선명한 에지에 해당하는 하지만 초점이 잘 맞은 상태에서도 빈도수가 높지 않고 짙음 성분에 의한 에지 값일 경우도 있으므로 초점조절에 유효한 값에서 제외하였다. 실험결과 초점에 따라 빈도수에 차이를 가장 크게 보이는 부분은 $h[32... 96]$ 에 해당하는 휘도크기 부분으로 이영역이 초점의 정확도를 간접적으로 나타내는 부분으로 본 실험결

과에서 알 수 있었다. 초점이 맞은 영상과 그렇지 않은 두개의 영상에 Laplacian Filter 후 Edge 영상에서 초점조절에 유효한 $h[32... 96]$ 휘도성분에 해당하는 부분을 합하여 그 값을 표시하면 그림 2.7과 같다. 그림 2.7의 결과에서 보는 바와 같이 초점이 잘맞은 영상(b)의 값이 (a)보다 높게 표시되는 결과를 보이고 있다.



(a) (b)

그림 2.7 각 영상의 에지값의 합

3. 초점자동조절 시스템의 구현

3.1. 영상처리용 교육용 DSP 보드 구성

본 연구에 사용한 TMS320C6713 DSP 보드는 그림 3.1로 floating point 연산이 가능하므로 floating point 연산에 필요한 별도의 프로그램이 필요 하지는 않다. 그리고 실험에 사용된 DSP 보드는 OS등이 탑재되어 있지 않아 보드 초기화 프로그램, 카메라에서 영상을 추측하기 위한 프로그램 및 결과를 출력 하기위한 프로그램을 구성하여야 하는 번거로움이 있지만 OS가 없기 때문에 프로그램이 가벼워져 본 실험과 같이 영상처리를 위한 산술량이 많은 실험에 적합한 보드이다. 또한 많은 저장 메모리를 요구하는 영상처리에 적합하도록 메모리역시 충분히 갖추고 있다. 보드의 초기화 값은 산술량이 많음을 감안하여 DSP는 최고의 Clock속도로 동작하도록 설정 하였다. 그 외 초기값은 ND-Tech에서 DSP와 함께 제공하는 프로그램의 변수를 본 실험에 적합하도록 표 3.1과 같이 최적화 하여 사용하였다.

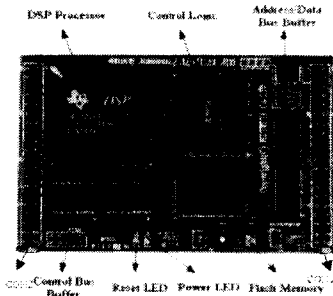


그림3.1 영상처리용 교육용 DSP 모듈

항 목		설정값
PLL SET	CPU Core Clock	300MHz
	Peripheral Clock	150MHz
	SDRAM Clock	75MHz
Camera	Size	320×240
	Rate	30frame/sec
Serial Port	RS232	115,200bps

표 3.1 PM6713 DSP 보드 초기화 설정값

3.2 영상 입력보드

연구에 사용된 카메라 입력 모듈은 ND-Tech의 VM3224V2 모델로 NTSC 카메라에서 아날로그 비디오 신호를 YUYV 형태로 변환하여 준다.

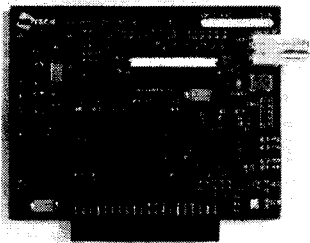


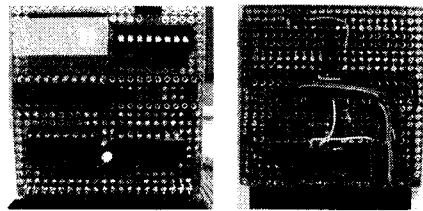
그림3.2 NTSC 입력영상 보드

입력된 영상은 Philips사의 SAA7113 비디오 디코더를 통하여 영상크기를 640×240 pixel 혹은 320×240 pixel 크기로 변환하며 NTSC의 60Hz 비월주사화면을 30, 15, 7.5, 1frame/sec

의 칼라 비디오 YUYV로 변환하여 DSP보드와는 40pin의 Connector를 통하여 TMS320C6713 Processor Module의 확장 포트와 연결하여 사용 하였다. 영상입력 보드에는 3.5" TFT LCD 모듈이 부착되어 카메라로 입력된 영상이 LCD 화면으로 출력 되도록 시스템을 구성 하였다. 영상 보드의 1M RAM은 각가 512KB 두 부분으로 나누어 카메라 입력과 LCD 출력을 메모리 버퍼로 사용 하였다.

3.3 모터제어용 인터페이스 모듈 제작

카메라 렌즈 모터제어용 인터페이스 모듈은 그림3.3의 보드를 직접 제작하여 실험에 사용 하였다.



(a) 앞면 (b) 뒷면

그림3.3 제작한 모터제어용 인터페이스 보드

보드에 LED와 병렬로 연결된 모터제어 비트 주소는 0x0000001C이다. 프로그램에서 제어할 주소는 CE1BASE+UIOBASE+0000001C로 간접주소지정 방식 이다.

여기서 CE1BASE=0x90000000이고 UIOBASE=0x00380000 이므로 모터제어용 비트의 물리주소는 0x9038001C이다.

DC모터 구동은 브릿지 회로로 구성된 BA6208을 사용한 Nwe Technology의 DC motor control Board로 급속한 정역 회전을 가능하게 하는 브레이크 회로도 내장되어 있다. 회전 방향과 정지는 인터페이스 보드의 2진 bit 출력에 따라 회전방향이 결정 되도록 하였다. 모터 구동 회로는 최대 100mA로 소형 모터 제어용이나 초소형의 카메라 모터를 제어하기에는 충분 하고, 2개의 모터를 각각 제어 할 수 있어

향 후 줌 렌즈용 모터를 제어하여야 하는 실험에도 사용 할 수 있다. 모터의 회전방향은 표 3.2와 같은 2진 bit를 출력하므로 모터의 회전 방향을 제어 한다. 그림3.3 (a)와 같이 11 이 출력된 경우 모터는 정지한다.

회전방향	CCW	CW	STOP	STOP
bit	10	01	00	11

표 3.2 제어 bit 출력에 따른 모터회전 방향

3.4 구현된 자동초점 조절 시스템

그림3.4는 실험에 사용된 시스템으로 초점조절용 모터를 제어하기 위해 개조된 구형 캠코더, DSP 보드와 모터 구동회로를 보이고 있다.

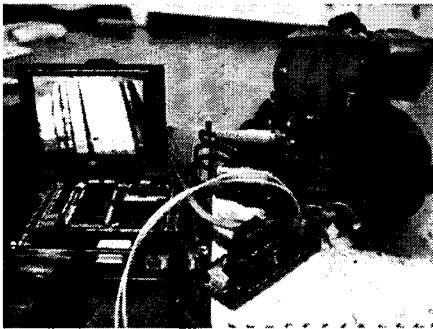


그림3.4 실험에 사용된 구현 캠코더와 DSP보드

캠코더의 NTSC 영상을 영상 입력보드를 통하여 교육용 DSP 보드가 영상 처리하고 그 결과를 TFT LCD에 카메라 영상을 출력하고, 제작한 인터페이스 보드와 모터 구동회로가 모터를 제어하여 초점 조절이 양호하게 되고 있음을 보이고 있다.

4. 실험 결과 및 향후 연구방향

본 논문은 교육용 DSP보드에 간단한 영상처리를 하여 카메라가 자동으로 초점 조절을 하는 시스템을 구현 하였다. 카메라의 초점 조절은 본 실험에서와 같이 복잡한 계산이 필요 없

이 Edge 성분을 검출하는 마스크를 통하여 얻은 Edge 영상의 휘도 성분 중 특정 부분의 합만으로도 가능한 결과를 얻었다.



그림4.1 구현된 시스템으로 획득한 영상

본 논문에서는 휘도성분의 값이 $h[32..96]$ 에 해당하는 값을 초점조절에 사용 하였다. Edge 영상의 휘도 값은 카메라의 해상도, 영상의 휘도, 영상보드 처리 성능, Laplacian Filter 값 등 여러 조건에 따라 그 값이 변할 수 있다. 따라서 본 실험의 초점조절에 사용된 특정 휘도값이 타 시스템에서는 유효하지 않을 수 있다. 그러므로 초점조절에 유용한 Edge 영상의 특정 부분은 본 실험에서와 같이 실험에서 얻은 히스토그램의 비교를 통하여 얻을 수 밖에 없다.

실험에는 320X240 크기의 전체 영상을 사용 하였지만 해상도가 높은 실제 카메라의 경우 전체 영상을 초점 조절에 사용할 경우 Laplacian 변환 시간 등으로 초점조절에 시간이 소요될 수 있어 고화질의 디지털 카메라의 경우 전체 영상을 초점 조절에 사용하지 않고 화면 중앙의 일부분만을 영상을 초점 조절에 사용하고 있으므로 실험에 사용된 영상의 크기만으로도 충분하다. 또한 최근의 카메라 들은 중앙의 일부분만이 아닌 영상에서 선명한 화면이 요구되는 여러 부위를 동시에 초점조절에 사용하는 Multi Focusing을 사용하고 있다. 본 실험의 구현에 사용된 DSP 보드는 Multi Focusing에도 사용하기에도 충분한 성능이다. 향후 다양한 환경에서도 정확한 초점을 얻을 수 있는 다중 초점 조절 시스템도 구현 할 예정이다.

참고문헌

- [1] 영상처리를 이용한 캠코더의 자동초점조절 알고리즘 개발 및 하드웨어 구현, 김주현, 최병태
- [2] 멀티미디어 신호처리 이용혁·이종실·민홍기·김광수·김상현·한영환·한진수·홍인기 공저 ITC 2007
- [3] TMS320C6000계열 프로세서 활용 DSP실시간 처리(오영인 김명진)
- [4] 영상처리 이론과 실제 최형일·이근수·이양원 공저 홍릉과학출판사 1997
- [5] 먼저 배우는 DSP
- [6] 예제로 배우는 제어용DSP TMS320LF2406A (송봉길)
- [7] TMS320C5000DSP를 이용한 실시간 디지털 신호처리(정익주)
- [8] C언어에 의한 디지털 신호처리 입문(미키미 나오키)
- [9] DISCRETE-Time SIGNAL PROCESSING Alan V.Oppenheim·Ronald W. Schafer with John R. Buck Second Edition
- [10] Digital Image Processing Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, ARM System Developer's Guide Sloss Symes Wright
- [11] TMS320C6416/C6713 DSK One-Day Workshop Student Guide, Texas Instruments
- [12] Code Composer Studio User's Guide
- [13] Image Processing(Classical & Modern techniques in C) RANDY CRANE
- [14] C언어 길라잡이 김은철, 김명진 정보문화사
- [15] Digital Signal Processing 동역메카트로닉스연구소 기술정보팀 2007

이 승 준



1991.2 : 단국대학교 전자공학과(공학사)
1997.8 : 단국대학교 산업기술대학원(공학석사)
2007.8~ 단국대학교 전자공학과 박사수료
1995.5~ 현재: 인천국제공항공사 관제통신팀 근무
관심분야 : 컴퓨터 구조, 임베디드 프로세서 응용,
DSP 통신시스템

이상범



1974 : 연세대학교 전자공학과(공학사)
1978 : 서울대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
1986 : 연세대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
2000 : 미국 SanJose대학 컴퓨터공학과 객원교수
2005 : 한국정보처리학회 회장
1979-현재 : 단국대학교 전자컴퓨터공학과 교수
1997-현재 : 단국대학교 멀티미디어산업기술연
구소 소장
관심분야 : 컴퓨터구조, 패턴인식, 디지털 신호
처리