Liquid Lens를 사용하는 디지털 카메라의 자동초점조절에 관한 연구

김남우* · 허창우*

*목원대학교

Study on the auto focus digital camera uses a Liquid Lens.

Nam-woo Kim* · Chang-Wu Hur**

*MOKWON University

E-mail : gotree94@gmail.com

요 약

자동초점이란 영상을 획득하는 시스템에서 고정된 촬상면에 자동으로 초점이 맺히도록 렌즈를 구동시키는 방식으로 컴퓨터비전과 카메라 등에서 매우 중요하게 사용된다. 소형 카메라의 경우 자동초점에서 렌즈구동부인 actuator의 기술은 대량생산이 이용이하고, 위치센서가 불필요하며, 회로구성이 용이한 VCM방식이 널리 사용되고 있으며, 구동의 안정성에 비해 크기와 소음이 큰 스테핑모터 방식, 크기는 가장 작지만 납 함유문제 및 습도 취약성을 갖는 피에조 방식이 있다. 그 외에 액체렌즈방식이 있는데, 소형 구조에 저전력의 장점이 있지만 화질 및 신뢰성 검증 그리고 고압이 필요한 특징을 가지는 구조도 있다. 본 논문에서 5Mpixel급 이미지 센서를 통해 획득한 영상의 선예도를 이용하여 VCM의 actuator처럼 액체렌지를 제어하여 자동으로 초점을 맞추는 제어방식을 구현하고 검증하였다.

키워드

Liquid Lens, automatic focusing, digital camera.

I. 서론

최근 출시되고 있는 고성능 IT기기들은 여러가지 멀티미디어 기능을 실장하여 출시되고 있다.

이 기능 중 Camera 기능은 화소수의 증가와 기술력의 향상으로 일반 디지털 카메라와 비교해도 손색없는 기능을 구현하게 되었으며 소비자 또한 다기능과 안정된 제품을 요구하게 되었다. 고성능 Camera가 실장된 대부분의 Hand-Phone에는 디지털 카메라와 동일한 Auto Focusing 기능이 실장되어 있으며 Auto Focusing 기능구현을 위해 Actuator가 적용되어 있다. Actuator에는 구조와 구동방식에 따라 액체렌즈, PIEZO, ENCODER, VCM으로 나뉜다. 액체렌즈 방식은 소형구조 및 저전력 소보의 장점을 가지고 있지만 화질 및 신뢰성 검증이 필요하고 30volt 이상의 고압이 필요한 단점도 가지고 있다.

초창기 제품들의 경우 화질 및 신뢰성에 대한 문제들도 있었지만 성능개선이 되면서 대량생산 및 가격경쟁이 필요한 분야보다 고성능 분야의 머신비전, 스마트 카메라, 바코드 리더기, 안과 장비, 의료영상, Military등의 용도로 사용되고 있다.

본 눈문에서는 액체렌즈를 제어하여 자동으로 초점을 맞추는 제어방식을 구현하고 검증하였다.

II. 본론

2.1 액체렌즈 및 제어

액체렌즈의 형상은 그림1과 같다. 액체렌즈는 그림2와 같이 전압 변화를 통해 액체-액체 사이의 곡률을 변형시키고 이에 따라, 설치된 광학 렌즈의 초점 길이를 제어 할 수 있다.

실시간으로 제어 가능한 플랫폼을 제공하여 액체를 정확하게 제어 하며 이에 따라 빠른 반응시간, 저전력, 무진동의 장점으로 렌즈의 초점을 제어 할 수 있어서 직접 자동초점 기능을 구현 할 수 도 있다.

그림 1. 액체렌즈 형상

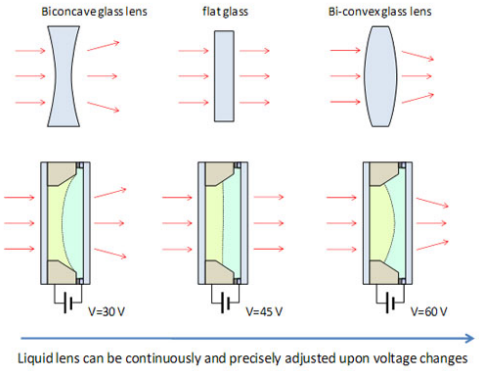

그림 2. 액체렌즈 제어에따른 곡률 변화

1) 액체렌즈 제어 방법

전압 변화를 통해 액체-액체 사이의 곡률을 변형시키고 이에 따라, 설치된 광학 렌즈의 초점 길이를 제어 할 수 있다.

전압 제어를 위한 하드웨어는 아래와 같은 하드웨어를 이용하고 I2C를 통해서 값을 제어할 수 있다.

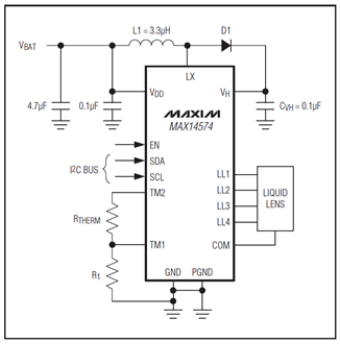

그림 3. 액체렌즈 드라이버

※ Max14574 description
- +70VRMS Maximum Output (CLOAD = 75pF, 5kHz)
- 10-Bit Output VRMS Voltage Resolution (0 ~ 1023)

※ Register setting
1) UserMode : (Address : 0x03 / Data : 0x03)
2) OIS_LSB : (Address : 0x04 / Data : min. ~ max. (0x00 ~ 0xC0))
3) LLV4 : (Address : 0x08 / Data : min. ~ max. (0x00 ~ 0xFF))
4) Command : (Address : 0x09 / Data : 0x02)

```
void cam_i2c_write_8(unsigned char add, unsigned char
data)
{
    i2c_start();
    i2c_write(0xEE);        // Max14574 device address
    i2c_write(add);         // Max14574 address
    i2c_write(data);        // Max14574 data
    i2c_stop();
}

void WriteToMax14574(int value)
{
    unsigned char MSB_8Bit;
    unsigned char LSB_2Bit;

    MSB_8Bit = (value>>2) & 0xFF;
    LSB_2Bit = (value<<8) & 0xC0;

    cam_i2c_write_8(0x03, 0x03);
  // Activate the user mode
  delay_us(2);
  cam_i2c_write_8(0x08, MSB_8Bit);
  // Eight MSBs of the 10-bit V4_[9:2]
  delay_us(2);
  cam_i2c_write_8(0x04, LSB_2Bit);
  // Eight LSBs of the 10-bit V4_[1:0]
  delay_us(2);
  cam_i2c_write_8(0x09, 0x02);
  // Update output bit
}

Int main(void)
{
    unsigned int i
    while(1){
        for(i=0   i<1024;   i++)
            WriteToMax14574(i); }
}
```

그림 4. 10bit Voltage Resolution 0

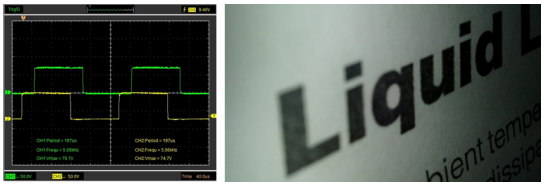

그림 5. 10bit Voltage Resolution 255

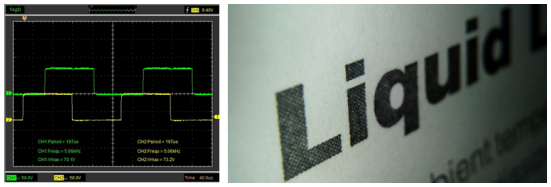

그림 6. 10bit Voltage Resolution 511

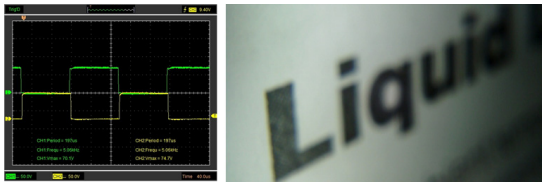

그림 7. 10bit Voltage Resolution 1023

2.2 자동 초점 방식

자동 초점 방식은 크게 능동 방식(Active System)과 수동 방식(Passive System)으로 나뉜다.[1] 능동 방식은 거리 측정을 위해 카메라가 초음파나 적외선을 방출하기 때문에 '능동'이라고 불리고 수동 방식은 물체로부터 자연적으로 반사된 빛을 이용하여 초점을 맞춘다.[2]

일반적으로 수동방식은 능동방식에 비해 외부 센서를 사용하지 않기 때문에 가격이 저렴하여 대부분의 소비자 용 디지털 카메라에 사용된다.

수동 초점 방식 시스템은 일반적으로 초점 영역 선택, 선예도 측정 그리고 피크 검색 세 가지 구성 요소가 포함한다. [1]. 수동초점 방식은 일반적으로 그림 8처럼 반복방식으로 동작 한다.

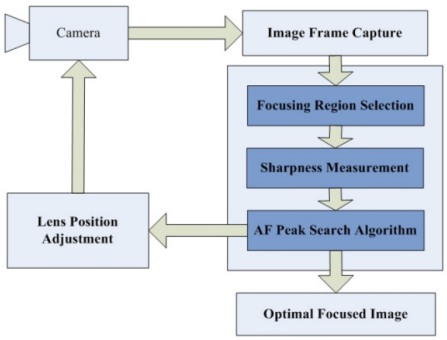

그림 8. 수동초점 방식의 일반적인 구성

먼저, 이미지를 현재 렌즈 위치 또는 초점 거리에서 카메라에 의해 획득한다. 다음에, 초점 영역 선택 과정에서는 선예도를 계산할 획득영상의 부분을 결정하고, 선예도 측정은 초점 영역에 적합도를 계산한다. 마지막으로, 피크 탐색 단계에서는 적합도 후보로부터 최대 선명도 또는 최상 렌즈 위치를 획득한다.

선명도 함수는 수학적으로 이미지 선명도의 양적인 설명이며, 포커스 아웃 영상에 대한 초점의 정도를 나타내는 값은 수치 척도를 제공한다. [2][4]

선명도가 화상의 contrast에 관련되어 있기 때문에 선명도 함수로서 contrast 측정값을 사용할 수 있다. 그림 9에서 보는바와 같이, 콘트라스트의 변화와 함께 렌즈 위치도 변하게 된다. 콘트라스트가 가장 집중된 이미지에 대한 최대값에 도달하고 이미지가 흐리게함에 따라 감소한다.

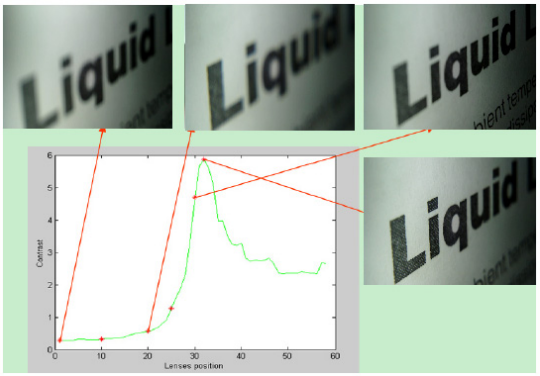

그림 9. 렌즈 위치에 따른 이미지 contrast

다양한 contrast 측정 방법이 오래동안 수동 방식의 AF에 사용되어 왔다. 여러가지 AF 알고리즘을 비교해 보면, 여러 장의 장면들중에서 상대적으로 장점이 있는 화면을 찾는 방식이다. 결과적으로 Tenengrad, Prewitt 에지 검출, 그리고 라플라스 등의 2 차원 공간 측정 방법이 정확성 관점에서 최적의 성능을 얻을 수 있다. [3][5][6][7]

III. 결론

본 논문에서 5Mpixel급 이미지 센서와 액체 렌즈 및 PC와 연결을 위한 하드웨어를 구성하고 이를 통해 PC에서 획득한 영상의 선예도를 이용하여 자동초점 방식으로 초점을 맞추는 제어방식을 구현하고 검증하였다.

그림 10. 구현한 치과용 디지털 카메라

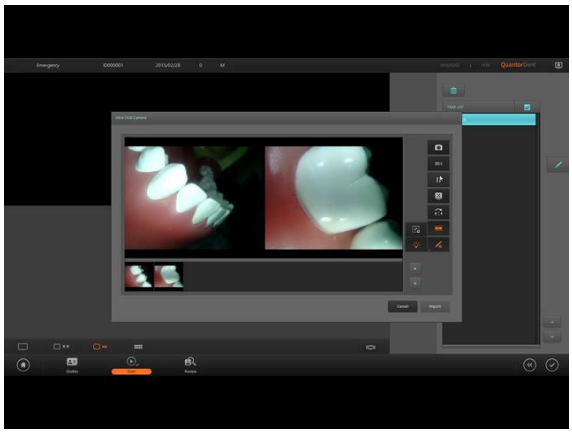

그림 11. 자동초점 기능 검증용 소프트웨어

참고문헌

[1] Shih, L. Autofocus survey: A comparison of algorithms. Proc. SPIE 2007, 6502, 65020B.

[2] Kehtarnavaz, N.; Oh, H.J. Development and real-time implementation of a rule-based auto-focus algorithm. Real Time Imag. 2003, 9, 197-203.

[3] Groen, F.C.A.; Young, I.T.; Ligthart, G. A comparison of different autofocus algorithms. Cytometry 1985, 6, 81-91.

[4] Chern, N.K.; Neow, P.A.; Ang, M.H., Jr. Practical Issues in Pixel-Based Autofocusing for Machine Vision. In Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation, Seoul, Korea, 21–26 May 2001; pp. 2791-2796.

[5] Tenenbaum, J.M. Accommodation in Computer Vision. Ph.D. Thesis, Stanford University: Stanford, CA, USA, 1970.

[6] Schlag, J.F.; Sanderson, A.C.; Neumann, C.P.; Wimberly, F.C. Implementation of Automatic Focusing Algorithms for a Computer Vision System with Camera Control Technical Report CMU-RI-TR-83-14; Carnegie Mellon University: Pittsburgh, PA, USA, 1983.

[7] Krotkov, E. Focusing. Int. J. Comput. Vision 1987, 1, 223-237.