

이동단말기 카메라 자동 초점 조절 방식에 관한 연구

김갑용 · 김영길

아주대학교

A Study of Auto Focus Control Method for the Mobile Phone Camera

Gab-yong Kim · Young-gil Kim

Ajou University

E-mail : gabyong@samsung.com

요 약

이동단말기에 적용되는 카메라의 단 초점에서 자동초점으로 적용이 점차 확대 되고 있다. 본 논문에서는 이동단말기에 적용되는 카메라에서의 자동초점기능을 구현하기 위한 기본 원리 및 실제 구현을 목적으로 한다. 자동초점을 위해서는 Image Sensor, Lens, Lens구동을 위한 CCM(Camera Control Module)이 필요한 구성이다. 현재까지 적용되는 AF용 CCM에는 VCM방식과 Piezo방식이 있다. 본 논문에서는 적용된 방식은 VCM적용 방식이다. Camera Control을 위해서 적용될 수 있는 MCU는 ISP(혹은 DSP)나 Base Band Core에서 직접 Control할 수 있겠다.

ABSTRACT

Demand of Auto Focus for Camera module is increased very fast in these days and will be adapted to most of mobile phones in next few years instead of traditional method, fixed focus. To make auto focus function, 2 kinds of solutions, VCM(Voice Coil Motor) and Piezo linear motor are normally used. In this paper, VCM which commercially strong candidate for Auto focus mechanism was investigated to verify principles are match up to the actual operation. Auto focus algorithm is different between 1 chip and 2 chip solution. Normally 2 chip is more complicate than the other. To have best performance on this function, hysteresis and depth of field(DOF) table should be optimized.

키워드

Auto Focus, Image Sensor, Mobile Phone

1. 서 론

디지털 컨버전스 흐름에 따라, 과거 독립적인 제품으로 판매되던 디지털 카메라와 휴대폰의 기능이 통합된 카메라폰이 등장하여 새로운 유형의 한 조류로 성장하고 있다. 그러나 휴대폰의 한정된 공간 내에 카메라 기능을 부여하기 위해서는 크기를 대폭 축소할 모듈 형태를 취할 수밖에 없었으며 이러한 과정에서 기존 카메라의 많은 기능들이 제한 받게 되었다.

이러한 기능적인 제한은 렌즈의 광학적 특성(특히 굴절률)과 움직임 제어(Auto Focus와 줌 기능 등)와 관련이 크다.

300만 화소 이상의 화소 경쟁은 의미가 점차 없어

지는 것으로 보이며, Zoom, Flash, Auto Focus 등 현재의 Digital Camera에 비해 떨어지는 기능을 보완하는 방향으로 발전 할 것으로 보인다.

따라서, 본 논문에서는 Mobile Phone에서 Auto Focus를 구현하는 방법과 시스템 구성에 대한 기술 개발에 목적이 있다.

II. 본 론

본론에서는 Auto Focus(AF)의 개념도 및 플랫폼 블록도, AF Algorithm에 대해 다루도록 하겠다. 본 논문에서 적용된 실험 Set은 USB 2.0 기반의 Image Sensor Viewer기반에서 실험 진행되었다.

1. Auto Focus

Auto Focus Lens Unit는 전동모터 또는 압전 소재 등을 이용하여 자동으로 렌즈를 일정량 이동시켜줌으로써 초점을 맞추어 주는 렌즈로, 촬영 물체와의 거리를 감지하여 정해진 위치로 자동 이동하거나 센서의 이미지 출력신호를 이용한 Auto Focusing Algorithm으로 최상의 이미지가 맺히는 위치로 이동하여 초점을 맞추는 것이다. Auto Focusing은, 피사체에 대한 영상 정보가 이미지 센서에 입력된 후 센서내의 화소에서 주파수 성분을 분석하여 영상의 선명도를 인식하여, 이에 따라 렌즈의 이동량이 결정되는 단계를 거쳐 이루어진다. 방향 신호와 초점 구동 신호에 대응하여 렌즈 유닛 전체가 이동하게 된다.

2. Mobile Phone에 Auto Focus Camera 적용

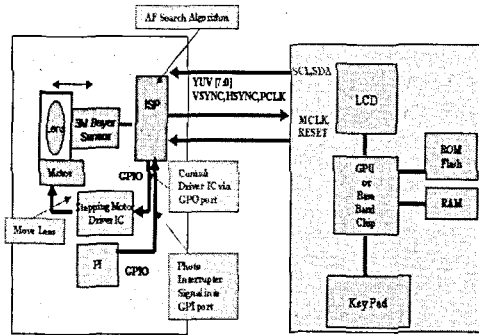


그림 1. Mobile용 AF구성도

Mobile용 Image Sensor는 크게 ISP(Image Signal Process)가 내장된 1 Chip Solution과 Bayer Sensor + ISP로 구성된 2 Chip Solution으로 구분된다. 1 Chip Solution의 경우 각 Frame별 이미지를 분석하여, 이미지의 High Frequency(Edge)를 계산하여, 이를 최대로 하는 위치를 찾는 위치까지 Lens를 Control하는 역할은 Base Band Core에서 수행하게 된다. 이때 Base Band Core는 Image Sensor로부터 받은 영상신호를 분석 및 Lens Control, LCD Preview등을 관여하게 된다. Camera로부터 받는 신호는 Pixel Data(Image Data)와 Vsync(Vertical Sync)와 Hsync(Horizon Sync)로 구성이 된다. 기존의 고정 초점의 경우 Lens가 단초점으로 구성된 모듈이므로 원거리와 근거리의 Focusing을 만족하기가 어렵다. Auto Focus를 구현하기 위해서는 매 Frame마다의 Image Data를 분석하여 현재의 Focus 상태를 분석하여 Lens Unit를 Control하여 Focus를 가변하게 된다. 그림 1의 경우는 1 Chip Solution의 경우의 Auto Focus 구성도이다. 2 Chip Solution의 경우는 Image Sensor에서 구현하던 IFP(Image Flow Process)를 별도의 ISP(Image Signal Process)가 대신하게 된다.

3. AF 검출 Process

가) 1 Chip Solution

1 Chip Solution의 경우 IFP에서 계산된 Luminance-normalized Sharpness Score를 적용하여 Control한다.

IFP에 내장된 FME(Focus Measurement Engine)에서 각 Field별 계산된 Sharpness Score를 이용하여 렌즈 Unit를 해당 렌즈의 구동범위를 적용하여 Focus를 가변하게 되며, Focus가 변은 적용된 렌즈에 따라서 다르기 때문에 최적 Focusing을 이루기 위해서는 적용 렌즈의 성능과 렌즈군 이동을 위한 Driver의 능력을 고려해서 Coding진행하게 된다. 다음 그림 2의 경우 최적 Focusing을 찾아 가기 위한 렌즈의 구동 Algorithm 이용하여 Focusing진행한다. 이때 렌즈를 최하로 되돌리는 이유는 렌즈를 Driver하는 능력을 고려하여(즉 1'st Step에서 9'nd Step으로 증가 할 경우에만 렌즈 이동에 정확성이 있음) 구현된 Algorithm이다.

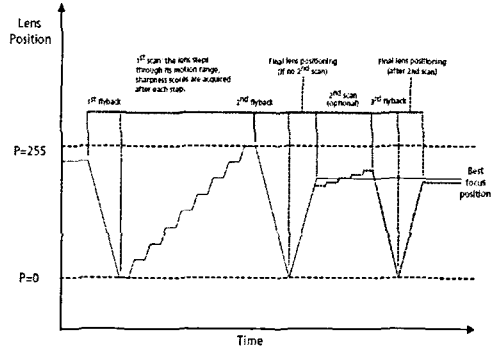


그림 2. Auto Focus Step

각 Step별로 Image의 Sharpness Score를 계산하여 다시 렌즈를 원상태로 복원 후 Taret위치로 Lens이동 후 다시 계산 후 세 번째 렌즈 구동 시 Focus를 고정한다. 이때 고려해야 될 사항은 렌즈의 구동시의 생기는 Hysteresis를 고려하여 Coding진행한다.

나) 2 Chip Solution

2 Chip Solution의 경우 Bayer Sensor의 출력 데이터가 RGB, YUV에 따라서 계산되는 방식이 상이하게 되며, 각 경우에 대해서도 상기 그림 3과 같은 순서로 AF를 진행한다.

AF를 위하여 필요한 데이터는 현재 입력되는 영상신호에서 휘도 신호를 추출한 후 이 신호에서 High Pass Filter를 통과 시켜 휘도 신호에서 고주파 성분, 즉 윤곽성분을 추출한 후 외부 MCU에서 지정하는 특정 부분의 윤곽 성분만을 적분하여 외부로 출력한다. 2개 영역에 대하여 4가지 형태의 데이터(AF1SF sum, AF1UF sum, AF2SF sum, AF2UF sum)인 이유는 윤곽성분을 추출하는 HPF가 AF Module 내에 2개가 존재하며 각각의 영역에 대하여 2개의 HPF를 사용하기 때문이다. 이 2개의 HPF는

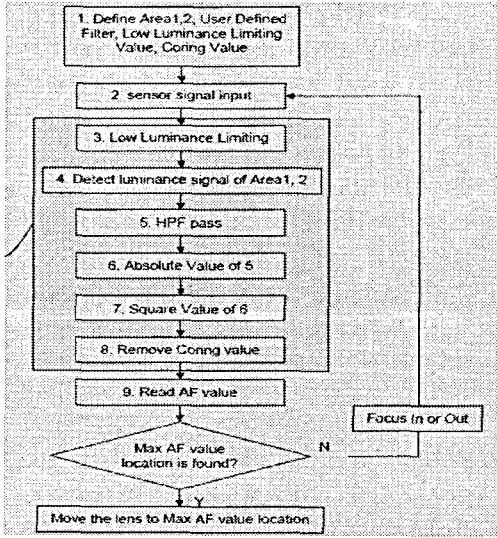
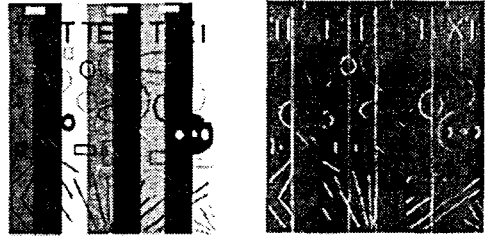
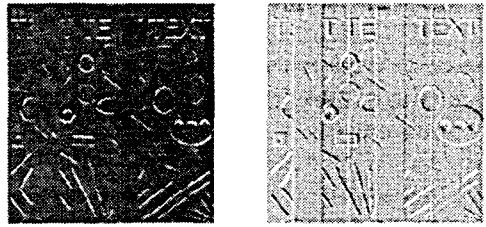


그림3. 2 Chip AF Step



a) 입력 영상 b)수평방향으로 회전된 결과



c)수직방향으로 회전된 결과 d)합성된 결과

주파수 특성이 달라서 윤곽성분의 변화에 대해 민감성이 다르게 나타나므로 현재의 화면의 초점상태의 변화를 이용하여 Auto Focus를 하는데 최적의 Solution을 갖는다.

II - IV AF 구현실험 및 문제점

본 실험은 VCM기반의 AF Camera Module을 USB기반의 Preview 시스템에서 구동되었으며, 렌즈 Control을 위해서 별도의 ISP를 추가하였다.

Focusing정도를 판단하기 위한 Filter의 종류는 하기와 같으며, UserDefine Filter를 적용하여, 최적의 Filter값의 설정이 가능하다.

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

(a) Column Direction (b) Row Direction

Sobel Filter

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad or \quad \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Laplacian Filter

상기의 Filter를 적용했을 경우의 Hi-Frequency성분 분석은 다음 그림과 같다.

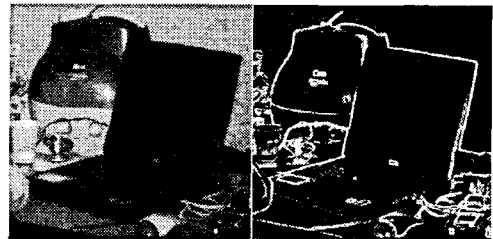


그림 4.1 Good Focus

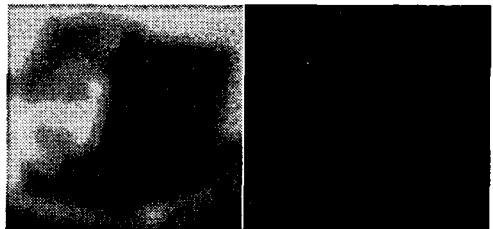


그림 4.2 Bad Focus

상기의 실험 데이터처럼 User Define Filter나 Sobel Filter등을 이용하여 Image의 Best Focusing 값을 계산하게 된다. 이때 중요한 Factor인 Lens의 이동량관련된 중요 실험 Data는 다음과 같이 분석되었다.

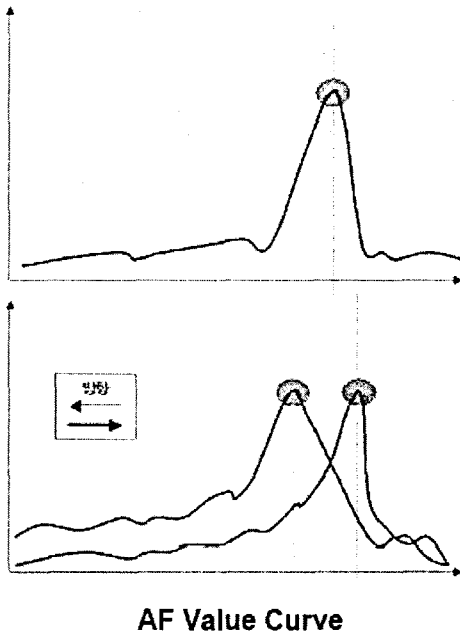


그림 5. 렌즈의 Hysteresis 분석

즉, 렌즈의 이동량에 있어서, 정방향 이동과 역방향 이동에 있어서, Hysteresis가 존재 하게 되므로, Initial Code에 이 렌즈에서 발생하는 Hysteresis의 성분을 값을 입력으로 두어서 이 두 가지의 중앙값을 가지고 Control값을 결정하여 AF의 Step을 결정하게 된다. Real Preview에서는 이 중앙값으로 결정된 Step을 기본 단위로 하여서 상기의 Filter를 이용하여 계산된 Sharpness Score를 이용하여 Max Focus를 찾아가는 방법이 적용 되었다

III. 결 론

본 고는 Auto Focusing을 위한 기본 개념 분석 및 이미지의 주파수 성분 분석을 위한 이미지 분석 및 Lens군 조절을 위한 System 구성 및 이미지 변화에 따른 최적 Auto Focus구현을 목적으로 하였으며, 구분은 1 Chip Solution 과 2 Chip Solution에 따라 구분되었다. 현재 개발 진행 현황 중 렌즈군 조절을 위해 적용되는 VCM과 Piezo를 이용한 AF Module 이 되겠다. 실제 AF 구현 시 고려할 사항으로는 다음과 같은 항목들이 있다.

- Hysteresis : 렌즈의 특성상 실제 움직임을 지시한 후 얼마 뒤에 움직이는 히스테리시스 현상이 있다.

렌즈를 근거리부터 원거리까지 움직이다 보면 렌즈별 편차로 인해 이동량의 차이가 발생하게 된다. 이를 해결하기 위한 방법으로는 렌즈를 앞뒤로 여러 번 움직여서 중간 값을 찾아내는 방법이 있겠다.

- Depth Of Field(DOF) Table : 렌즈에는 심도라는 것이 있어 심도가 클수록 피사체를 기준으로 더 넓은 범위에서 초점이 잡히게 된다. 즉 어느 정도의 허용오차를 두어 그 범위 안에서는 초점이 맞았고 간주하게 되는데, 이 범위가 렌즈의 심도에 따라 달라지게 되는 것이다. 따라서 렌즈의 광학적인 특성을 이용하여 심도 데이터를 테이블로 만들어 정확한 AF를 구현한다.

상기에 나열된 항목들을 감안하여 실험을 진행을 하였으나, 실제 Preview에서는 AF를 위해 걸리는 시간(Delay)이 상당히 길게 되고, 반복 실험 시 렌즈의 이동량에 대한 반복성은 추가적으로 검토 되어야 될 사항이 되겠다. Best Focus를 찾기 위한 여러 Algorithm에 대한 고찰은 추가적으로 진행되어야 될 사항이라고 할 수 있겠다.

본 논문은 날로 가속화 되어 가는 Mobile용 Camera의 AF에 대한 고찰로써, 점차로 소형화 되어 가는 모듈의 한계로 인해서 발생하는 Control의 정확성 부재 및 반복성의 취약 등의 이유로 인해 어려움은 예상이 되나, 추후 상용화를 위해서 지속적인 Reliability를 보완하여야 되겠다.

※ 본 연구는 2004년도 유비쿼터스 컴퓨팅 뉴프론티어 사업단의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

참고문헌

[1] Samsung Electro-Mechanics "AU-80C User Manual Ver0.1
 [2] Micron "MT9D111_SOC2010(REV3)"