JDCS
디지털콘텐츠학회논문지
Journal of Digital Contents Society
Vol. 20, No. 3, pp. 497-504, Mar. 2019

아두이노를 활용한 카메라 렌즈 어댑터 AF의 성능 비교

장준희 · 주종우*
중앙대학교 뉴미디어 아트 대학원

Performance Comparison of Camera Lens Adapter AF Using Arduino

Jun-Hee Jang · Jongwoo Joo*
Department of New Media Art, Chung-Ang University, Seoul, Korea

[요 약]

오늘날 소니 미러리스 카메라에 다른 카메라 렌즈를 사용할 수 있는 다양한 어댑터들이 있다. 특히, 사람들은 캐논 렌즈를 소니 카메라에 'EF 마운트에서 FE 마운트'로 변환해주는 어댑터를 자주 사용한다. 자사의 카메라와 렌즈를 사용한 것과 비교하기 위해서 본 논문에서는 초점 성능을 테스트 하고자 한다. 주된 계획은 캐논렌즈와 캐논 카메라, 소니렌즈와 소니 카메라를 테스트하고 자사카메라와 타사렌즈를 어댑터를 통하여 사용한 경우를 비교할 것이다. 그러나 여기에는 몇 가지 문제점이 존재한다. 자동초점 속도를 측정하는 장치는 일반 사용자를 위하여 시중에 나와 있지 않다. 타이머를 통해 볼 수 있는 웹과 유튜브에 존재하는 방법들이 있으나, 그 방법들은 정확한 측정을 위한 기준을 가지고 있지 않다. 그러므로 이 논문에서는 코딩된 아두이노를 통해 자동초점 속도를 측정하는 전기회로를 설계하였다. 측정 장비를 이용한 결과로 어댑터는 자동초점 속도를 실제상황에서 느리게 만들었다.

[Abstract]

Nowadays, there are various adapter to use another camera lens to Sony mirror-less camera. Especially, people often use Canon lens to Sony camera by 'EF mount to FE mount' adapter. To compare with using own company's camera and lens, thesis is going to test focusing performance. Main plan is testing Canon lens with Canon camera, Sony lens with Sony camera, and also it was going to make comparison between own company's lens and another company lens through adapter. But there are some problems exist. First, there is no autofocus speed measure equipment on the market for normal researcher. Second, pre-existing methods for measuring autofocus speed at web and youtube are visible through timer. However, that methods have no standard for accurate measurement. So in this thesis, electronic circuit designed for measuring autofocus speed through coded Arduino. Result by using measuring equipment, adapter makes autofocus speed slower at real situation.

색인어 : 디지털 카메라, 자동초점, 변환링, 캐논, 소니

Ke word : Digital camera, Autofocus, Adapter, Canon, Sony

http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2019.20.3.497

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-CommercialLicense(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 18 February 2019; **Revised** 19 March 2019
Accepted 20 March 2019
***Corresponding Author; Jongwoo Joo**

Tel:
E-mail:

Ⅰ. 서 론

소니 미러리스 카메라 [1](Sony Mirror-less Camera) 에 다른 마운트의 렌즈를 사용할 수 있게 하는 어댑터들이 출시되었다. 소니 미러리스 카메라는 성능과 해상도가 타사 브랜드의 전문가용 디에스엘알 (DSLR; digital single lens reflex) 카메라와 견줄만하며, 카메라 구조상 프랜지백 [2](Flange Back)이 짧아 어댑터를 사용하기 용이하기 때문이다. 어댑터 중에는 EF 마운트에서 FE 마운트로 바꾸어 주는 'EF mount to FE mount' 어댑터를 장착하여 캐논(Canon) 렌즈를 소니 카메라에 사용하는 경우가 많다. 'EF mount to FE mount' 어댑터들은 Metabones 어댑터와 시그마(Sigma) MC-11 어댑터가 대중적으로 사용되고 있다. 자사카메라에 자사 렌즈를 사용하는 것과 어댑터를 이용하여 타사 렌즈를 사용하는 것을 비교하기 위하여 캐논 렌즈와 캐논 카메라, 소니 렌즈와 소니 카메라, 어댑터를 장착한 캐논 렌즈와 소니 카메라 테스트를 계획하였다. 그러나 일반 연구자를 위한 자동초점 (AF; auto focus) 속도측정 장치는 상용제품이 없었다. 기존 웹이나 유튜브에 게재된 자동초점 속도측정방식은 유튜브 창작자의 손으로 타이머를 누르고 육안으로 확인하는 방식이었으며, 측정기준 또한 모호하였다. 본 연구에서는 AF속도측정을 위해서 아두이노(Arduino) 장치를 설계하고, 오차범위가 최소화된 렌즈 어댑터의 자동초점 속도를 데이터화 하여 비교·분석 하고자 한다.

Ⅱ. 본 론

1. 연구방법

1-1 선행연구

아래의 그림1은 초점(Focus) 값이 제일 높은 지점은 17600 pps(pulses per second)으로 초점이 제일 좋다는 의미이며, 렌즈의 위치는 123이다. 포커스 값의 변화는 렌즈의 위치 이동에 따른 선예도의 변화에 대한 지표이다[1].

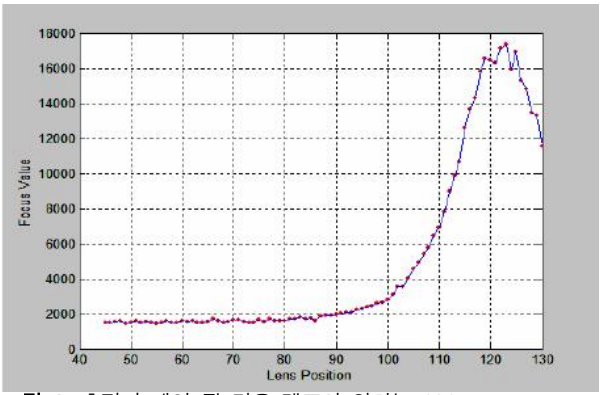


그림 1. 초점이 제일 잘 맞은 렌즈의 위치는 123
Fig. 1. Well-focused position 123

아래의 그림과 같이 스탭퍼 모터(Stepper motor)의 주기에 따라 렌즈의 초점 값의 오차범위가 검색된다[2].

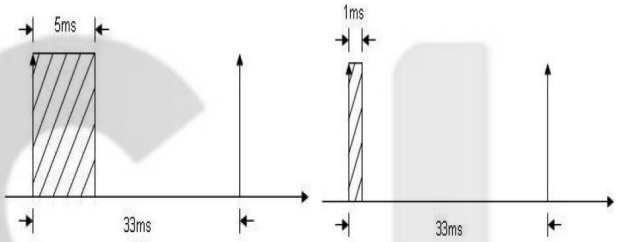


그림 2. 스탭퍼 모터의 주기에 따른 초점 값의 범위
a) 한 주기에 200 pps인 렌즈의 단계, b) 한 주기에 1000 pps인 렌즈의 단계
Fig. 2. Focus value range for stepper motor cycle.
a) One step of 200 pps lens in one period, b) One step of 1000 pps lens in one period

1-2 이론적 배경

카메라 렌즈 제조사인 캐논의 스탭퍼 모터 종류인 초음파 모터(USM motor)의 기술개요에 따르면 링타입(Ring-type) 초음파 모터는 초당 3만회인 30,000 Hz 이다. 따라서 100번의 주기를 가진 모터가 초점 값의 오차범위가 1 ms이면 30000번의 주기를 가진 초음파 모터의 오차범위는 약 0.03 ms이다. 아두이노 명령어 지속시간의 최소단위는 1 ms이고 아두이노 UNO 기종의 명령어 주기인 시리얼 통신주기는 1초에 9600회 이므로 초음파 모터의 오차범위는 고려대상이 아니다. 아래의 그림과 같이 옵토커플러가 첫 번째로부터 두 번째 신호 응답을 전송하는 분리된 전원공급에 널리 쓰이고 많은 전원 공급원 중, 응답 증폭기는 제어 설계에 해당하는 추가된 응답경로에 출력 전압으로 공급되어진다[3].

1) 미러리스카메라: Mirrorless라는 명칭 자체는 초기 제품이 발매되던 시기 일본 등지에서 사용되던 명칭이 넘어와 정착된 것이며, 해외에서는 미러리스 렌즈 교환식이라는 뜻의 MILC (Mirrorless Interchangeable Lens Camera)또는 그것을 줄인 ML라는 약자를 사용하는데, 미러리스 라는 명칭 자체가 SLR (Single Lens Reflex) 시스템과의 상대적인 호칭이라 CSC (Compact System Camera)라는 명칭을 사용하는 경우도 있다. 특히, SLR 카메라는 미러박스와 펜타프리즘을 사용해야하며 미러가 움직일 공간이 필요하여 렌즈의 백포커스를 길게 가져가야 하므로 플랜지백 또한 그에 맞추어져 있었다. 미러리스는 SLR카메라의 미러박스를 제거하였다고 하여 미러리스라는 용어가 생겼으며 상대적으로 플랜지백이 짧은 구조를 가지고 있다.

2) 플랜지백: 플랜지백은 렌즈 교환식 카메라에서 렌즈 마운트와 촬상면의 거리를 지칭하는 용어이다. 현재 대두되고 있는 미러리스 카메라의 큰 특징 중 하나가 DSLR보다 절반 이상 줄어든 플랜지백과 그로 인해 경량화 된 광각-표준계 렌즈의 크기이다. 어댑터를 사용해서 기존의 SLR용 렌즈를 사용하는 경우 마운트 어댑터의 역할은 플랜지백을 맞추어 주는 것이며, 이와 동시에 렌즈와 촬상면 사이의 백포커스 거리도 맞추어지게 된다(나무위키:https://namu.wiki/w/프랜지백).

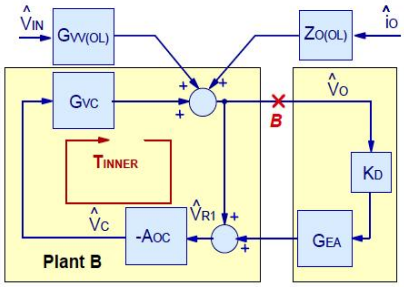


그림 3. 그라운드 분리 시 옵터커플러의 작동원리
Fig. 3. Opto-coupler mechanism at isolated ground

1-3 연구방법 및 범위

본 연구의 목적은 카메라의 자동초점 속도를 측정하기 위해서 아두이노를 셔터릴리즈(shutter release)로 사용할 수 있는 전기회로 설계하는 것이며, 아두이노를 활용하여 자동초점 속도 측정을 할 수 있게 프로그래밍 한다. 이와 같이 설계된 '디지털 카메라 렌즈의 자동초점 속도측정을 위한 장치'를 이용하여 자동초점 속도의 실측여부를 검증한다.

2. 어댑터 성능측정을 위한 실험 및 분석

2-1 실험설계

2-1-1 실험장치

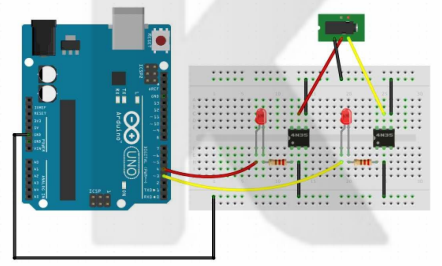


그림 4. Fritzing 구성도
Fig. 4. Fritzing sketch up

본 연구를 위해 제작한 아두이노를 이용한 자동초점 속도측정용 장치는 그림 4와 같다. 2.5파이 스테레오 잭은 카메라와 아두이노에 연결되어 릴리즈 시 셔터가 작동하게끔 신호를 보내는 역할을 한다. 아두이노는 카메라 본체의 릴리즈 단자에서 작동하는 신호를 읽어 들인다. LED는 아두이노와 카메라가 정상적으로 통신되었을 때 연결유무를 점등으로 표시한다. 왼쪽 4N35는 2.5 파이 스테레오 잭을 통하여 렌즈의 자동초점 모듈이 작동할 수 있게 신호를 보내고, 오른쪽 4N35는 2.5 파이 스테레오 잭을 통하여 셔터가 작동할 수 있게 신호를 보낸다. 자동초점시간을 측정하기 위하여 캘리브레이션 프로세스를 거쳐 'exposure'명령어의 지속시간을 대입한다. 그 다음 자동초점 시간 'focus'에 대한 수식을 통하여 자동초점 속도를 구한다.

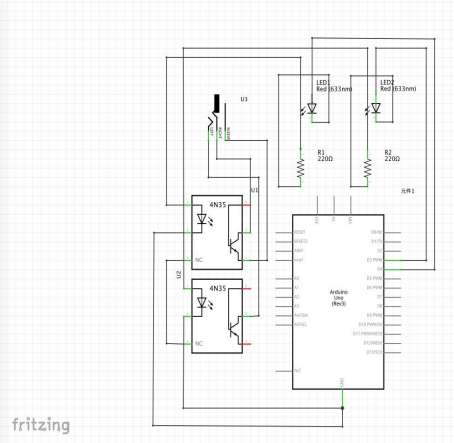


그림 5. Fritzing 프로그램 장치회로도
Fig. 5. Fritzing schematic

아두이노를 이용한 장치의 회로도는 위와 같다. 아두이노로부터 그라운드(Ground)가 분리된 스테레오 신호(L, R)를 보내는 두 개의 회로를 이용하여, 각 신호가 옵토커플러(opto-coupler)에 도달할 때 LED가 점등한다. 4N35는 옵터커플러로써, 아두이노와 카메라 두 장치간의 유선통신에 있어서 그라운드와 기준전압이 달라서 발생하는 통신 불가를 해결하기 위해서 사용된다. 옵토커플러 4N35는 그라운드 공유가 없는 상태에서 신호가 카메라 바디에 도달할 때 자동초점과 셔터가 작동하게끔 전력을 보내준다. 아두이노에서 발생하는 전기신호를 카메라의 셔터릴리즈 입력단자로 전송시킬 때 카메라 셔터릴리즈는 4N35를 통하여 데이터핀(Data-pin)이 연결된 경우 셔터릴리즈 단자의 규격과 기준전압에 무관하게 작동한다.

```
hutter_timer_DONE.ir

int focus = 4;                          //옵토커플러가 장착되어 포커스를 담당하는 데이터핀은 4번이다.
int shutter = 3;                        //옵토커플러가 장착되어 셔터를 담당하는 데이터핀은 3번이다.
long exposure = 300;                    //AF시간과 노출시간을 합한 값은 300ms이다.
long interval = 5000;                   //셔터의 동작주기는 5000ms이다.

int time    = 100;                      //총 시간을 100으로 설정한다.
int incomingByte  = 0;                  //성급디지털 신호를 숫자로 표기한다.

void setup()
{
  pinMode(focus, OUTPUT);               //포커스에 해당하는 데이터핀을 출력으로 설정한다.
  pinMode(shutter, OUTPUT);             //셔터에 해당하는 데이터핀을 출력으로 설정한다.
  for (int i = 0; i < 10; i++)          //AF를 통하여 노출되는 동작은 총 10번이다.
  {
    takePicture(exposure);              //노출시간을 촬영상황으로 표기한다.
    delay(interval);                    //다음 사진을 촬영할 수 있게 반복한다.
  }
}


void loop()
{
}

void takePicture(long exposureTime)     //촬영상황을 노출시간과 아래의 명령어로 설정한다.
{
  int wakeup = 10;                      //카메라가 작동하기 시작하는데 까지 걸리는 시간을 10으로 설정한다.
  digitalWrite(focus, HIGH);            //포커스 데이터핀을 켠으로써 카메라를 깨운다.
  delay(wakeup);                        //카메라를 깨어날 때 까지 기다린다.
  digitalWrite(shutter, HIGH);          //셔터 데이터핀을 켠다.
  delay(exposureTime);                  //노출을 준다.
  digitalWrite(shutter, LOW);           //셔터 데이터핀 끈다.
  digitalWrite(focus, LOW);             //포커스 데이터핀을 끈다.
}
```

그림 6. Arduino 프로그래밍
Fig. 6. Arduino programming

Arduino IDE 프로그램으로 짜여진 명령어를 Fritzing 프로그램으로 정리한 코드는 위와 같다. 코드에 대한 설명은 우측에 표기되어 있다. 명령어에 따르면 카메라에 수신되는 명령어인 노출시간 'exposure' 동작에는 'wake up', 'focus', 'shutter' 3가지 프로세스가 있고 이를 수식으로 표현하면 아래와 같다.

(exposure)=(wake up)+(focus)+(shutter) (1)

명령어에 따르면 (wake up)은 아래와 같다.

(wake up)=(exposure)×(wake up)/(time) (2)

(wake up)=0.1(exposure) (3)

따라서

(exposure)=(wake up)+(focus)+(shutter) (4)

은 아래와 같이 정리된다.

(exposure)=0.1(exposure)+(focus)+(shutter) (5)

AF시간을 의미하는 동작인 (focus)는 아래와 같이 정리된다.

(focus)=0.9(exposure)-(shutter) (6)

'focus'의 값은 동작에 걸리는 시간이므로 0이나 음수가 될 수 없다. 따라서 'exposure'의 최솟값은 'shutter'값의 약 1.13배이다.

2-1-2 검출

아두이노를 이용한 장치를 통하여 카메라에 명령어가 전송되었을 경우 카메라의 동작에는 두 가지 상황이 발생한다.

상황 I

'exposure'에 해당하는 명령어 지속시간을 충분히 주었을 때, 카메라와 피사체 사이의 거리만큼 거리계가 도달하면 'focus'가 완료되고 비프음이 들린다. 이때, 정상적으로 'shutter'가 작동하여 촬영이 완료된다.

상황II

'exposure'에 해당하는 명령어 지속시간이 충분하지 못하였을 때, 카메라와 피사체 사이의 거리만큼 거리계가 도달하지 못하고 'focus' 동작이 완료되지 못하기 때문에 비프음이 들리지 않는다. 또한 'shutter'가 작동하지 않아 촬영에 실패한다.

상황 I에 해당하는 노출시간인 'exposure'의 최솟값을 얻기 위하여 아래의 과정을 거친다. 'exposure'는 카메라의 노출시간이 아닌 카메라의 'wake up', 'focus', 'shutter' 세 동작이 모두 합쳐진 촬영에 해당하는 모든 동작이다. 만약 'shutter' 값이 100 ms 일 때, (focus)=0.9(exposure)-(shutter) (7)이고 'focus'는 10ms 이하가 입력될 수 없으므로 'exposure'의 최솟값은 130ms이다.

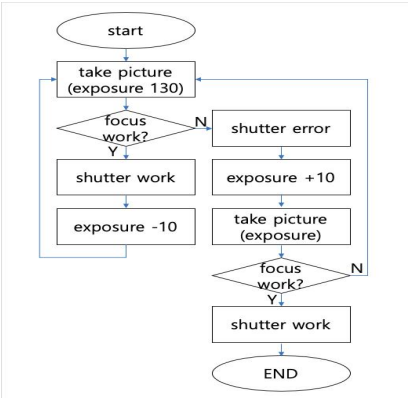


그림 7. 캘리브레이션 프로세스 맵
Fig. 7. Calibration process map

2-2 실험절차

2-2-1 측정기준



그림 8. 거리계
Fig. 8. Telemeter

거리계는 렌즈의 최소 초점거리로부터 무한대 까지 거리가 표기되어 있다. 또한, 촬영 시 카메라로부터 초점이 맞은 곳 까지 거리를 표시해준다. AF 속도측정을 위해 사용될 렌즈의 종류와 렌즈의 최소 초점거리는 표 1과 같다.

표 1. 렌즈별 최소 초점거리
Table 1. Camera lens minimum focal length

Brand	Lens	minimum focal length
Canon	24-70mm F2.8L II USM	0.38 m
Canon	50mm F1.8 STM	0.35 m
Canon	100mm F2.8L Macro IS USM (Full Focus)	0.30 m
Canon	100mm F2.8L Macro IS USM (Limit Focus)	0.50 m
Sony	24-70mm F2.8 GM	0.38 m
Sony	50mm F1.8 F	0.45 m
Sony	100mm F2.8 GM (Full Focus)	0.85 m
Sony	100mm F2.8 GM (Limit Focus)	0.57 m

렌즈 마다 최소초점 거리가 다르기 때문에 자동초점 속도 측정을 위해 사용될 초점거리는 1 m를 기준으로 한다. AF속도는 획일화된 성능비교를 위해 초점거리가 무한대에서 1 m까지 도달하는 시간과, 실제 카메라 촬영 시 거리계 이동을 고려해 거리계의 중간부에서 1 m까지 도달하는 시간을 측정한다. 자동초점 속도 측정을 위해 사용될 렌즈의 종류와 거리계의 중간위치는 표 2과 같다.

표 2. 렌즈별 거리계 중간위치
Table 2. Camera lens telemeter intermediate position

Brand	Lens	intermediate position
Canon	24-70mm F2.8L II USM	0.85 m
Canon	50mm F1.8 STM	0.51 m
Canon	100mm F2.8L Macro IS USM (Full Focus)	0.43 m
Canon	100mm F2.8L Macro IS USM (Limit Focus)	0.90 m
Sony	24-70mm F2.8 GM	0.70 m
Sony	50mm F1.8 F	0.75 m
Sony	100mm F2.8 GM (Full Focus)	2 m
Sony	100mm F2.8 GM (Limit Focus)	0.78 m

자동초점 속도는 초점거리가 무한대에서 1 m까지 도달하는 시간으로 가정한다.

```
* tter_timer_DONE.ir
int focus = 4;                    //움토커플러가 장착되어 포커스를 담당하는 데이터핀은 4번이다.
int shutter = 3;                  //움토커플러가 장착되어 셔터를 담당하는 데이터핀은 3번이다.
long exposure = 300;              //노출시간은 300ms이다.
long interval = 5000;             //셔터의 동작주기는 5000ms이다.
```

그림 9. 노출시간 설정
Fig. 9. exposure time setting

그림9의 명령어에는 노출시간(exposure)을 ms 단위로 설정할 수 있다.

노출시간은 (exposure)=0.1(exposure)+(focus)+(shutter) (8)
이므로 AF 속도는 (focus)=0.9(exposure)-(shutter) (9) 이다.



그림 10. 데이터컬러 스파이더 렌즈캘
Fig. 10. Datacolor Spyder Lenscale

Datacolor Spyder Lenscale을 이용하여 자동초점을 맞춤과 동시에 촬영된 결과물의 초점이 맞는지 확인한다. Lenscale을 1m 거리에 두고 카메라를 세팅한 뒤, 'exposure'을 다음과 같은 방법으로 설정한다.

상황 I

'exposure'에 해당하는 명령어 지속시간을 충분히 주었을 때, 카메라와 피사체 사이의 거리만큼 거리계가 도달하면 'focus'가 완료되고 비프음이 들린다. 이때, 정상적으로 'shutter'가 작동하여 촬영이 완료된다.

상황Ⅱ

'exposure'에 해당하는 명령어 지속시간이 충분하지 못하였을 때, 카메라와 피사체 사이의 거리만큼 거리계가 도달하지 못하고 'focus' 동작이 완료되지 못하기 때문에 비프음이 들리지 않는다. 또한 'shutter'가 작동하지 않아 촬영에 실패한다.

상황 I 에 해당하는 'exposure'의 최솟값을 얻기 위하여 **그림 7**의 'Calibration Process'를 거친다.

2-3 실험처치 및 자료수집

표 3과 같이 실험을 진행하였다. 카메라 설정은 셔터속도 1/10, 조리개 f 5.6, 감도 iso 100이며, 실험은 카메라 설정 값에서 적정노출이 나오도록 촬영환경을 만들어 주었다. 카메라는 캐논의 5Dmark3와 소니의 a7mark2를 사용하였으며, DSLR 주요 렌즈인 표준줌렌즈(24-70 mm)와 표준단렌즈(50 mm), 접사렌즈(100 mm)를 사용하였다. 표준줌렌즈의 경우 줌 기능이 있기 때문에 화각별(24 mm, 50 mm, 70mm) 자동초점 속도를 3번 나누어 측정하였고, 접사렌즈의 경우 초점거리의 범위를 설정할 수 있기 때문에 초점범위설정(Full, Limit)에 따라 2번 나누어 측정하였다. 표준렌즈의 경우 어댑터 장착 시, 초점이 무한대에 이동한 뒤에 자동초점을 잡기 시작하기 때문에 최소초점거리와 무한대 두 지점에서 측정하였다.

캐논 5Dmark3에 캐논 렌즈를 사용한 경우이다. 캐논 50 mm 렌즈의 경우 무한대로부터 촬영할 경우에는 빠른 속도를 보였으나, 최소초점 거리로부터 촬영할 경우에는 자동초점 속도가 느려졌다. 캐논 100 mm 렌즈의 경우 초점영역의 설정과 무관하게 자동초점 속도는 동일하였다.

표 3. 캐논바디, 캐논렌즈
Table 3. Canon body, Canon lens

Camera	Lens(angle)	AFspeed (ms)
5Dmark3	C 24-70 (24)	134
5Dmark3	C 24-70 (50)	143
5Dmark3	C 24-70 (70)	152
5Dmark3	C 50.8 (0.35 m)	422
5Dmark3	C 50.8	188
5Dmark3	C 100 (Full)	152
5Dmark3	C 100 (Limit)	152

표 4는 소니 a7mark2에 소니렌즈를 사용한 경우이다. 24-70의 경우 줌 배율이 높아질수록 자동초점 속도가 느려졌으며, 캐논의 50 mm렌즈와 달리 소니의 50 mm렌즈는 자동초점 속도가 시작하는 초점거리에 크게 영향을 받지 않았다. 그러나 소니 100 mm 렌즈의 경우 초점영역 설정에 따라 두 배가 넘는 자동초점 속도 차이를 보여주었다.

표 4. 소니바디, 소니렌즈
Table 4. Sony body, Sony lens

Camera	Lens(angle)	AFspeed (ms)
a7mark2	S 24-70 (24)	107
a7mark2	S 24-70 (50)	278
a7mark2	S 24-70 (70)	512
a7mark2	S 50.8 (0.45 m)	512
a7mark2	S 50.8	404
a7mark2	S 100 (Full)	584
a7mark2	S 100 (Limit)	242

표 5는 소니 a7mark2에 시그마 MC-11 컨버터를 이용하여 캐논렌즈를 사용한 경우이다. 마찬가지로 컨버터를 이용하여 캐논렌즈를 사용할 때에도 캐논 50 mm 렌즈는 무한대로부터 촬영할 경우에는 빠른 속도를 보였으나, 최소초점거리로부터 촬영한 경우에는 자동초점 속도가 느려졌다. 그리고 캐논 100 mm렌즈의 경우에는 초점영역의 설정과 무관하게 자동초점 속도는 일정하였다. 전체적으로 캐논 5Dmark3를 이용하여 캐논렌즈를 사용하였을 때 보다 자동초점 속도가 느리다.

표 5. 소니바디, MC-11 컨버터, 캐논렌즈
Table 5. Sony body, MC-11 converter, Canon lens

Camera	Lens(angle)	Converter	AFspeed (ms)
a7mark2	C 24-70 (24)	MC-11	260
a7mark2	C 24-70 (50)	MC-11	368
a7mark2	C 24-70 (70)	MC-11	557
a7mark2	C 50.8 (0.35m)	MC-11	647
a7mark2	C 50.8	MC-11	287
a7mark2	C 100 (Full)	MC-11	530
a7mark2	C 100 (Limit)	MC-11	530

표 6은 소니 a7mark2에 MetabonesV 컨버터를 이용하여 캐논렌즈를 사용한 경우이다. 캐논 24-70 mm 줌 렌즈의 경우 50 mm, 70 mm 영역에서 빠른 자동초점 속도를 보여주었다. 컨버터를 이용하여 캐논 50mm 렌즈를 사용할 때부터 무한대로 촬영할 경우에는 빠른 속도를 보였으나, 최소초점거리로부터 촬영한 경우에는 확연히 자동초점 속도가 느려졌다. 마찬가지로 캐논 100 mm렌즈의 경우에는 초점영역의 설정과 무관하게 자동초점 속도는 일정하였다.

표 6. 소니바디, MetabonesV 컨버터, 캐논렌즈
Table 6. Sony body, MetabonesV converter, Canon lens

Camera	Lens(angle)	Converter	AFspeed (ms)
a7mark2	C 24-70 (24)	MetabonesV	305
a7mark2	C 24-70 (50)	MetabonesV	215
a7mark2	C 24-70 (70)	MetabonesV	233
a7mark2	C 50.8 (0.35m)	MetabonesV	431
a7mark2	C 50.8	MetabonesV	197
a7mark2	C 100 (Full)	MetabonesV	710
a7mark2	C 100 (Limit)	MetabonesV	710

앞서 말했듯이, 캐논과 소니 두 회사 모두 자사의 카메라와 렌즈를 사용하면 무한대가 아닌 거리계에서 가까운 근접거리로부터 초점을 잡는다. 그러므로 공정한 비교를 위하여 실제 카메라 촬영 시 근접거리로부터 초점을 검출하는 것을 고려하여 측정하였다. 렌즈 거리계의 중간 위치에서 1 m까지 도달하는 시간을 측정하였다. 거리계의 중간 위치를 측정하기 위하여 렌즈의 구조에 따라 두 가지 방법을 사용한다. 거리계가 있는 렌즈는 경통의 최소초점 거리인 좌측 끝부터 무한대인 우측 끝까지의 거리를 반으로 나누어 자동초점 시작점을 지정한다. 렌즈 거리계의 총 길이, 길이를 $\frac{1}{2}$로 나눈 값 그리고 자동초점 시작점으로 설정하는 거리계 총 길이의 $\frac{1}{2}$에 해당하는 초점거리는 **표 7**과 같다. 거리계가 없는 렌즈의 경우 카메라바디를 통한 디지털거리계를 이용하여 거리계의 중앙 위치를 지정한다. 렌즈의 최소초점거리나 무한대가 아닌 거리계의 중간 위치를 자동초점 시작점으로 설정한 뒤 측정한 카메라 및 컨버터에 다른 자동초점 속도는 다음과 같다.

표 7. 자동초점 시작점 측정
Table 7. AF starting point measure

Brand	Lens	telemeter length	AF starting point
Canon	24-70mm F2.8L II USM	8cm	0.85 m
Canon	100mm F2.8L Macro IS USM (Full Focus)	10cm	0.43 m
Canon	100mm F2.8L Macro IS USM (Limit Focus)	3.8cm	0.9 m

표 8을 통하여 실제 촬영 시, 자사카메라 바디에 자사렌즈를 사용하는 것이 가장 자동초점 구동이 빠른 것을 알 수 있다. 그리고 **표 9**와 **표 10**을 비교 했을 때, 시그마의 MC-11 컨버터가 Metabones의 MetabonesV 컨버터 보다 자동초점 속도 측면에서 전반적으로 유리한 것을 알 수 있다.

표 8. 실제촬영이 고려된 자동초점 구동속도 측정
Table 8. Real situation considered autofocus drive speed measurement

Camera	Lens(angle)	Converter	AF starting point	AFspeed (ms)
5Dmark3	C 24-70 (24)	x	0.85 m	35
5Dmark3	C 24-70 (50)	x	0.85 m	35
5Dmark3	C 24-70 (70)	x	0.85 m	35
5Dmark3	C 50.8	x	0.51 m	170
5Dmark3	C 100(Full)	x	0.43 m	53
5Dmark3	C 100(Limit)	x	0.90 m	800
a7mark2	S 24-70 (24)	x	0.70 m	107
a7mark2	S 24-70 (50)	x	0.70 m	107
a7mark2	S 24-70 (70)	x	0.70 m	107
a7mark2	C 24-70 (24)	MC-11	0.85 m	107
a7mark2	C 24-70 (50)	MC-11	0.85 m	152
a7mark2	C 24-70 (70)	MC-11	0.85 m	152
a7mark2	C 24-70 (24)	Metabones V	0.85 m	584
a7mark2	C 24-70 (50)	Metabones V	0.85 m	260
a7mark2	C 24-70 (70)	Metabones V	0.85 m	260
a7mark2	S 50.8	x	0.75 m	287
a7mark2	C 50.8	MC-11	0.51 m	440
a7mark2	C 50.8	Metabones V	0.51 m	422
a7mark2	S 100(Full)	x	2 m	323
a7mark2	S 100(Limit)	x	0.78 m	368
a7mark2	C 100(Full)	MC-11	0.43 m	845
a7mark2	C 100(Limit)	MC-11	0.90 m	1403
a7mark2	C 100(Full)	Metabones V	0.43 m	584
a7mark2	C 100(Limit)	Metabones V	0.90 m	2447

표 9. 소니바디, MC-11 컨버터, 캐논렌즈
Table 9. Sony body, MC-11 converter, Canon lens

Camera	Lens(angle)	Converter	AF starting point	AFspeed (ms)
a7mark2	C 24-70 (24)	MC-11	0.85 m	107
a7mark2	C 24-70 (50)	MC-11	0.85 m	152
a7mark2	C 24-70 (70)	MC-11	0.85 m	152
a7mark2	C 50.8	MC-11	0.51 m	440
a7mark2	C 100(Full)	MC-11	0.43 m	845
a7mark2	C 100(Limit)	MC-11	0.90 m	1403

표 10. 소니바디, MetabonesV 컨버터, 캐논렌즈
Table 10. Sony body, MetabonesV converter, Canon lens

Camera	Lens(angle)	Converter	AF starting point	AFspeed (ms)
a7mark2	C 24-70 (24)	Metabones V	0.85 m	584
a7mark2	C 24-70 (50)	Metabones V	0.85 m	260
a7mark2	C 24-70 (70)	Metabones V	0.85 m	260
a7mark2	C 50.8	Metabones V	0.51 m	422
a7mark2	C 100(Full)	Metabones V	0.43 m	584
a7mark2	C 100(Limit)	Metabones V	0.90 m	2447

Ⅲ. 결 론

일반 연구자를 위한 카메라 자동초점 속도측정 장치는 시중에 나와 있지 않다. 웹이나 유튜브에 게재된 자동초점 속도 측정방식은 육안으로 식별하였으므로, 정확한 측정의 기준이 미흡하였다. 본 연구는 카메라의 자동초점 속도 측정을 위하여 아두이노를 이용하여 자동초점 명령 제어와 셔터명령 제어가 가능한 전기회로를 설계하였다. 아두이노를 통해 카메라의 촬영시간과 노출시간을 설정할 수 있게 프로그래밍 하였고, 이를 통해 촬영상황을 수식화하여 자동초점에 걸리는 시간을 오차 없이 검출할 수 있게 하였다. 아두이노 기반으로 만들어진 자동초점 장치를 이용하여 렌즈를 사용하였을 때, 명령어의 논리에 의한 일관된 결과 값을 보여주었다. 따라서 아두이노를 활용한 자동초점 장치는 성공적으로 설계되었다. 또한 자동초점 속도 테스트를 획일화된 설정과 실질적인 사용이 고려된 두 방법으로 실행하여 단순 측정치가 아닌 실사용 시 렌즈와 렌즈컨버터의 성능을 비교하였다. 획일화된 테스트를 진행한 경우보다 실제 촬영이 고려된 설정을 적용하여 테스트를 진행하였을 때, 렌즈에 컨버터를 장착한 경우가 눈에 띄게 자동초점 속도가 느린 것을 알 수 있다. 접사렌즈를 사용할 때 소니카메라를 위한 자동초점 컨버터의 사용은 자동초점 속도가 최저 584 ms 최대 2447 ms로 현저하게 떨어져 불가능하다. 이 연구에서는 자동초점의 속도에 대해서만 측정을 하였다. 렌즈 컨버터의 총괄적인 성능을 비교하기 위해서는 컨버터를 사용하여 렌즈를 장착하였을 때 렌즈의 자동초점 속도뿐만 아니라 렌즈의 해상도와 자동초점의 정확도 또한 측정하는 연구가 필요하다.

참고문헌

[1] C. M. Chen, C. M. Hong, and H. C. Chuang, Efficient auto-focus algorithm utilizing discrete difference equation prediction model for digital still cameras, Transactions on Consumer Electronics, 52(4), pp. 1135-1143, 2006.

[2] L. C. Chiu, and C. S. Fuh, An efficient auto focus method for digital still camera based on focus value curve prediction model, J. Inf. Sci. Eng. 26(4), pp. 1261-1272, 2010.

[3] Panov, Y, and Jovanovic, M, "Small-signal analysis and control design of isolated power supplies with optocoupler feedback" *In Nineteenth Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition, APEC*'04, Vol. 2, pp. 777-785, 2004.

[4] Platt. C, Make: electronics. O'Reilly Media, Inc., Sebastopol, CA, 2010.

[5] Platt. C, Encyclopedia of Electronic Components Volume 1: Resistors, Capacitors, Inductors, Switches, Encoders, Relays, Transistors, vol 1, O'Reilly Media, 2012.

[6] Firestone, L., Cook, K., Culp, K., Talsania, N., and Preston Jr, K. Comparison of autofocus methods for automated microscopy, Cytometry: *The Journal of the International Society for Analytical Cytology*, 12(3), pp. 195-206, 1991.

[7] Rai, N and Rai, B, Neural network based closed loop speed control of DC motor using arduino uno, *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 4(2), pp. 137-140, 2013.



장준희(Jun-Hee Jang)

2017년 : 경운대학교 사진영상학과 학사

2013~2017 : 경운대학교 사진영상학과 재학
2018~현재 : 중앙대학교 뉴미디어아트학과 재학



주종우(Jongwoo Joo)

2001년 : 중앙대학교 (B.A)
2004년 : Brooks Institute of Photography(M. S)
2008년 : 중앙대학교 (M.A)
2014년 : 중앙대학교 (Ph.D)

2013~현재 : 국가기술표준원 사진분과 전문위원
2014~현재 : 기술표준원 문화예술서비스 심의의원
2015~현재 : 사진진흥법 추진위원회 부회장
2015~현재 : 현대사진영상학회 편집위원
2017~현재 : 중앙대학교 공연영상창작학부 조교수

※관심분야 : 디지털 이미지 (Digital Image), 가상현실 (Virtual Reality Technology), 드론(Drone)