



레이저 빔 프로파일러 소프트웨어

Laser Beam Profiler Software

사용자 매뉴얼

User Manual

Target version – v4.4

HIL Lab. Inc.

포항지식산업센터 603 호

경상북도 포항시 북구 융합기술로 66

전화: 054-261-2901

팩스: 054-261-2902

이메일: official@hillab.co.kr

홈페이지: www.hillab.co.kr

목차

1.	개요	3
2.	사용 전 주의사항	4
3.	하드웨어 및 시스템 요구 사항	5
4.	설치 및 설정	6
4.1.	이더넷 설정.....	6
4.2.	드라이버 설치.....	7
5.	빠른 시작 가이드	8
5.1.	프로그램 실행 준비.....	8
5.2.	디바이스 연결.....	8
5.3.	이미지 취득 방식 설정.....	9
5.4.	스트리밍 시작.....	9
5.5.	밝기 조절.....	10
5.6.	기본 인터페이스.....	11
6.	프로파일링 및 분석	12
6.1.	노이즈 제거.....	12
6.2.	프로파일링.....	13
6.3.	이미지 취득 영역 및 해상도 설정.....	14
6.4.	목표 위치 및 오차.....	16
6.5.	누적 프로파일 조회, 저장, 불러오기.....	17
7.	데이터 뷰어	19
7.1.	빔 이미지 (Image).....	19
7.2.	빔 위치 그래프 (Position Plot).....	21
7.3.	빔 오차 그래프 (Error Plot).....	22
7.4.	데이터 시트 (Data Sheet).....	23
7.5.	데이터 그래프 (Data Plot).....	24
7.6.	데이터 뷰어 레이아웃 커스터마이징.....	25
8.	프로그램 설정 관리	26
9.	고급 사용자 가이드	27
9.1.	스트로브 출력.....	27
9.2.	VCC 전압 출력.....	29
9.3.	여러 대의 디바이스 연결.....	30
9.4.	프로그램 외부 제어.....	31
9.5.	이미지 네트워크 전송.....	32
10.	참고자료	34
10.1.	GPIO 핀 맵.....	34
10.2.	이미지 좌표계.....	35
10.3.	프로파일링 데이터.....	36
10.4.	지원 컬러맵.....	37

1. 개요

힐랩 주식회사의 빔 프로파일러 소프트웨어는 레이저 빔의 품질과 특성을 분석하기 위해 설계된 Windows 기반 프로그램입니다. 이 소프트웨어는 힐랩 주식회사의 BPC 제품과 함께 사용할 때 정상적으로 작동합니다.

프로그램의 주요 기능

- **실시간 빔 프로파일링:** 레이저 빔의 형상, 강도 분포, 크기 등을 실시간으로 분석
- **트리거 및 노출 설정:** 트리거 신호와 노출/게인 값을 조정하여 데이터 수집 제어
- **노이즈 제거 및 필터링:** 프로파일 데이터를 개선하기 위한 노이즈 제거 및 필터 기능 제공
- **데이터 시각화:** 빔 이미지와 데이터 그래프를 화면에 표시
- **데이터 저장 및 불러오기:** 수집된 데이터를 파일로 저장하거나 다시 불러오기 지원
- **레이아웃 설정:** 데이터 뷰어 레이아웃 및 표시 항목을 사용자 정의 가능
- **멀티 디바이스 연결:** 한 대의 PC 에서 여러 대의 디바이스 사용 가능
- **네트워크 및 외부 제어:** gRPC 를 통한 원격 제어 및 RTP 를 통한 이미지 전송 지원
- **설정 관리:** 설정 파일 생성, 저장, 불러오기 및 제거 기능 제공

2. 사용 전 주의사항

전원

카메라에 전원을 공급할 경우 카메라의 이더넷 커넥터(PoE)나 카메라의 I/O 커넥터를 이용하십시오.

- PoE 를 사용할 경우 전원 공급 장치는 IEEE 802.3af 표준을 준수해야 합니다.
- GPIO 를 통해 전원을 공급할 경우 핀 V_{AUX} (12-24V DC Power Input)를 이용하십시오.

GPIO 커넥터

I/O 케이블을 선택할 때 다음 사항을 고려하십시오.

- 가급적 AWG26 혹은 AWG28 을 이용하십시오.
- 10m 이상의 케이블은 케이블 끝단에 전압 강하가 발생할 수 있으므로 권장되지 않습니다.
- 강한 전자기장 가까이에 두지 마십시오.

3. 하드웨어 및 시스템 요구 사항

	일반 사용	외부 제어 및 네트워크 스트리밍 사용
CPU	Intel Core i5 코멧레이크 혹은 동급의 CPU	Intel Core i7 코멧레이크 혹은 동급의 CPU
RAM	8GB	16GB
LAN	최대 1000 Mbps 속도 지원	
운영체제 및 아키텍처	Windows x64-bit 10, 11	
여유 저장 공간	2GB 이상의 C 드라이브	

참고 LAN 요구사항의 경우, 카메라 한 대당 최대 FPS 촬영을 보장하는 전송속도입니다. 예를 들어, 1000 Mbps 랜포트에 두 대의 카메라를 허브로 연결하여 동시 사용시 각 카메라의 최대 FPS 는 절반이 됩니다.

4. 설치 및 설정

4.1. 이더넷 설정

본 프로그램을 원활하게 사용하기 위해서는 다음과 같은 이더넷 설정이 완료되어야 합니다.

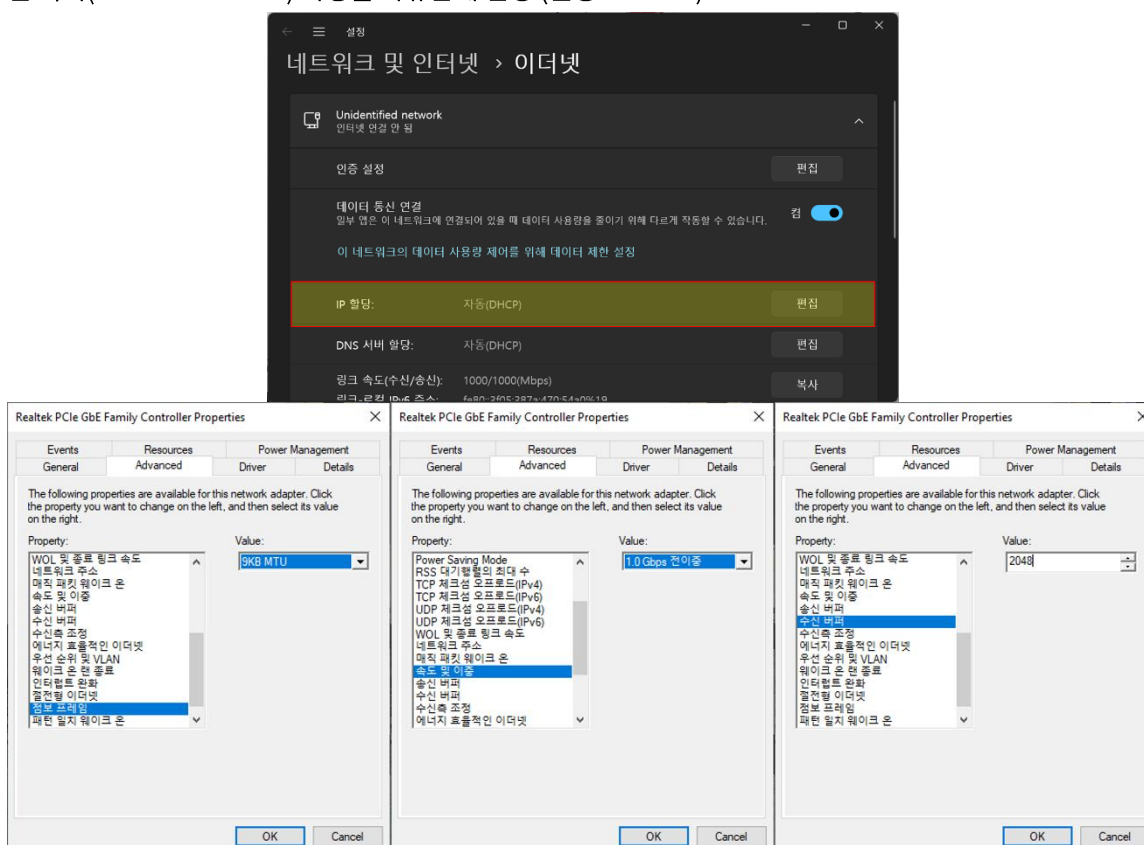
- IP 자동 할당
- 점보 프레임 활성화 (9014 byte)
- 수신 버퍼 확장 (권장)
- 속도 및 이중을 최대 링크 속도로 설정 (1.0Gbps 전이중)

점보 프레임은 1500 byte 이상의 패킷 사이즈를 의미합니다. 패킷 사이즈가 클수록 카메라의 대역폭 최적화를 기대할 수 있으며 PC의 CPU 부하를 줄일 수 있습니다. 대부분의 이더넷 어댑터는 점보 프레임을 지원하지만 일반적으로 비활성화 되어 있습니다. 수신 버퍼는 이더넷 어댑터가 패킷을 수신하는데 사용할 메모리의 크기입니다. 수신 버퍼가 낮은 값으로 설정되어 있으면 디바이스의 성능이 저하될 수 있습니다. 수신 버퍼가 증가될수록 시스템 메모리 사용량이 증가합니다.

속도 및 이중은 이더넷 어댑터의 링크 속도를 의미합니다. 링크 속도가 낮게 설정되어 있다면 카메라의 프레임 속도가 매우 낮게 제한될 수 있습니다.

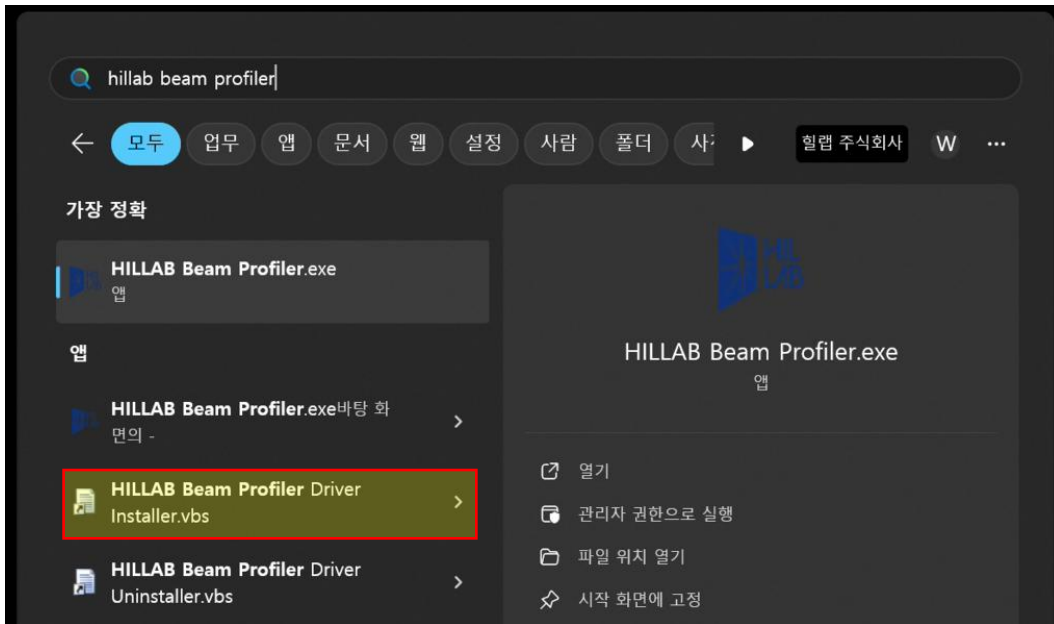
위 설정을 하기 위해 프로그램을 구동할 호스트 PC에서 다음 지침을 따르십시오.

- 1) PC의 시작 창에서 “이더넷 설정”을 검색하여 이더넷 설정 창으로 진입한 뒤, 디바이스가 연결된 이더넷의 IP 할당을 자동 (DHCP)으로 변경
- 2) PC의 시작 창에서 “장치 관리자(Device Manager)”를 검색하여 장치관리자 창으로 진입한 뒤, 검색 후 네트워크 어댑터 (Network adapters) 항목에서 디바이스가 연결된 이더넷 포트를 우클릭 한 후, 속성(Properties) 창 진입
- 3) 고급(Advanced) 탭 클릭하여 설정 창 진입
- 4) 점보 프레임(Jumbo Packet) 속성을 9014 바이트(9014 Bytes 혹은 9KB MTU)로 변경 (필수)
- 5) 속도 및 이중(Speed & Duplex) 속성을 1.0 Gbps 전이중(1.0 Gbps Full Duplex)으로 변경 (필수)
- 6) 수신 버퍼(Receive Buffers) 속성을 자유롭게 변경 (권장: 512MB)

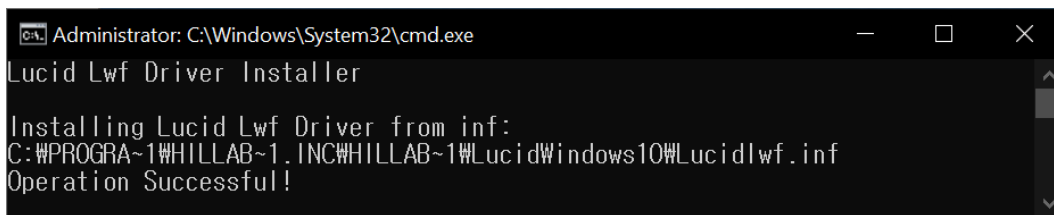


4.2. 드라이버 설치

본 프로그램을 설치한 뒤, 카메라를 PC 에 연결 후 시작 메뉴의 HILLAB Beam Profiler 폴더에 있는 HILLAB Beam Profiler Driver Installer.vbs 파일을 실행하십시오.



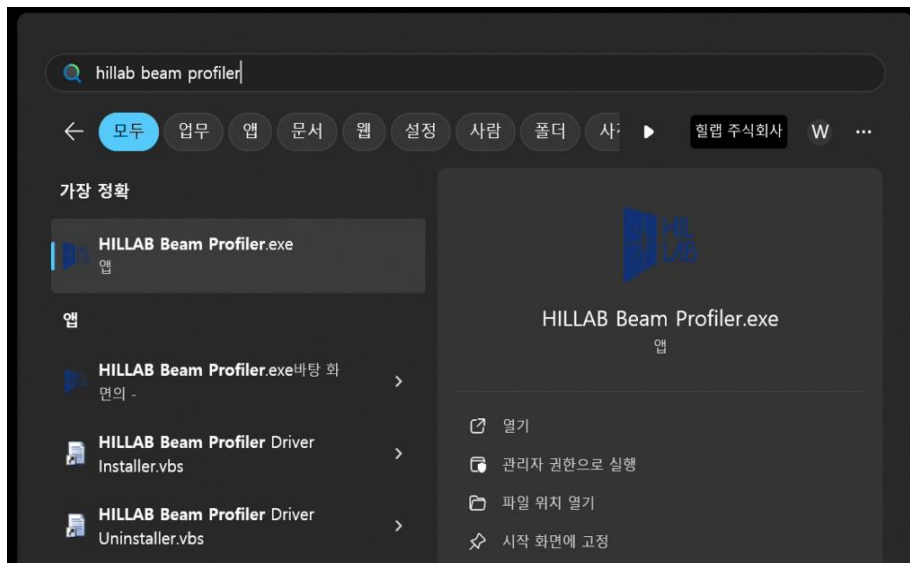
아래와 같이 성공했다는 메시지가 콘솔 창에 표시되면 설치가 완료된 것입니다.



5. 빠른 시작 가이드

5.1. 프로그램 실행 준비

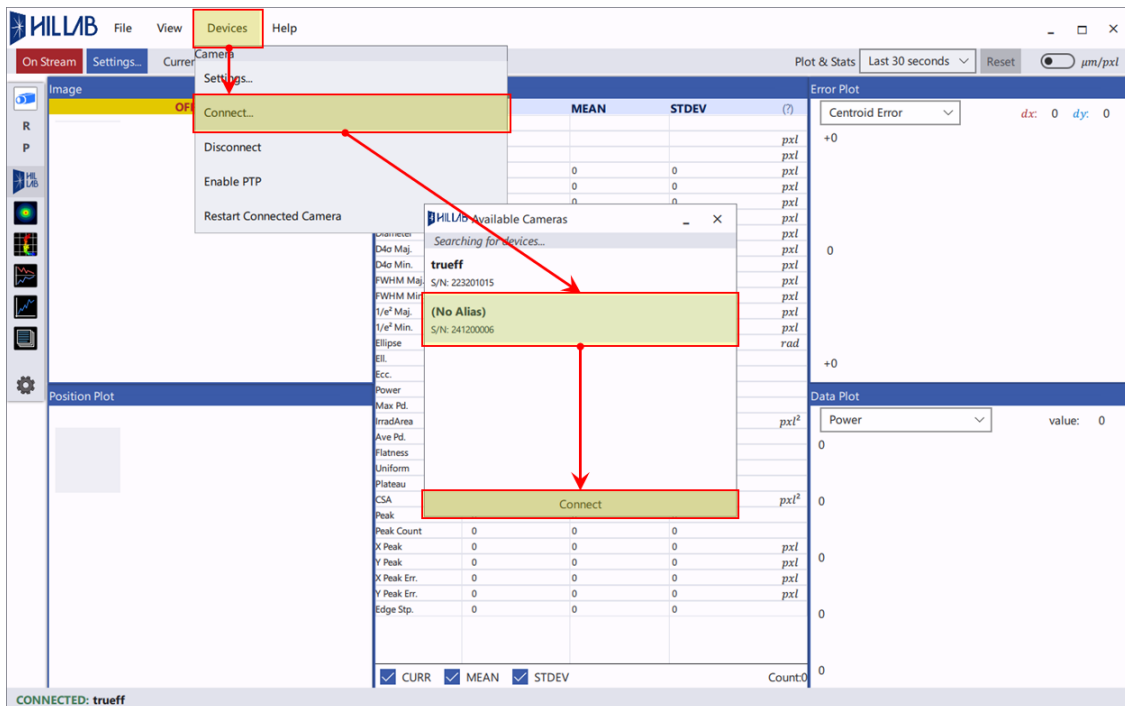
바탕화면 혹은 시작 프로그램 목록의 HILLAB Beam Profiler.exe 프로그램을 실행하십시오.



5.2. 디바이스 연결

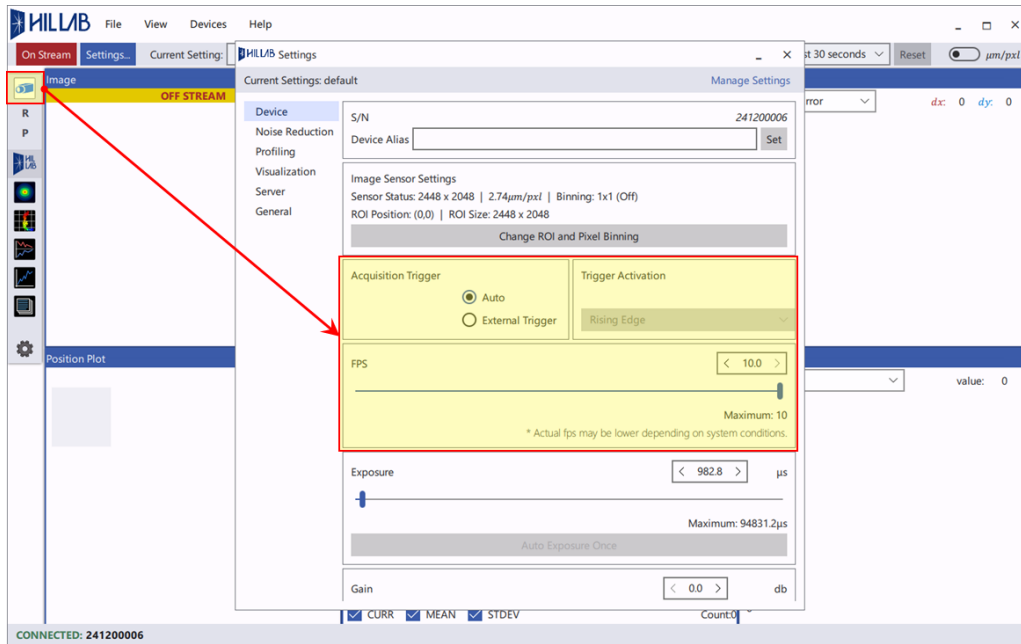
프로그램 하단 상태창에 “DEVICE DISCONNECTED” 가 출력되면 카메라가 프로그램과 연결되지 않았음을 의미합니다.

PC 와 카메라를 연결한 뒤, 프로그램 상단의 Devices 메뉴에서 Connect... 를 클릭하여 연결할 카메라를 선택하십시오. 카메라가 연결되면 다음 지침을 따르십시오.



5.3. 이미지 취득 방식 설정

좌측의 카메라 아이콘을 클릭하여 Device 설정 창을 여십시오. 설정 창의 Acquisition Trigger 설정에서 카메라의 촬영 방식을 설정할 수 있습니다.



5.3.1. 자동 촬영 설정

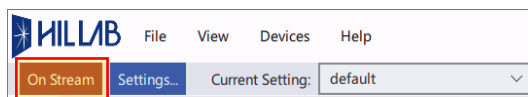
외부 트리거를 사용하지 않을 경우 Acquisition Trigger - Auto 를 선택하십시오. 이 경우, 카메라는 설정된 FPS 값의 빈도로 이미지를 취득합니다.

5.3.2. 외부 트리거 설정

카메라에 외부 트리거를 연결하였을 경우 Acquisition Trigger - External Trigger 를 선택하십시오. 이 경우, 카메라는 스트리밍이 시작되면 트리거가 발생할 경우 한 프레임을 촬영합니다. 이 때, 실제 이미지 취득 속도는 설정된 FPS 값에 의해 제한됩니다. 외부 트리거 신호가 설정된 FPS 보다 높은 주파수로 입력되더라도, 카메라는 FPS 설정 값을 초과하여 이미지를 취득할 수 없습니다. 그러므로 FPS 를 가능한 높게 설정하십시오.

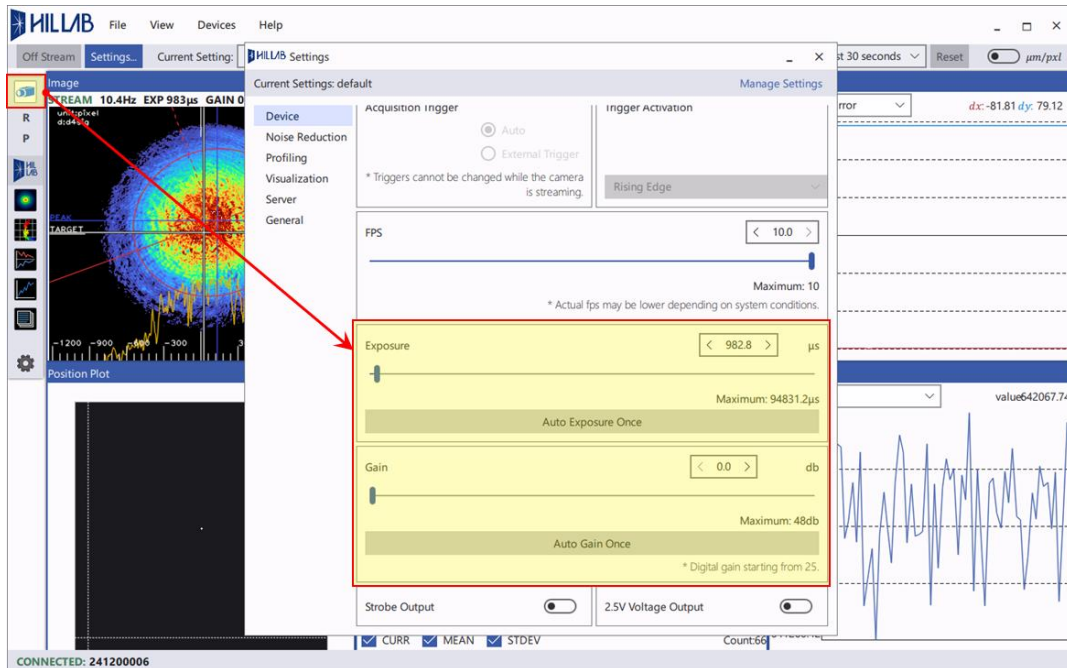
5.4. 스트리밍 시작

프로그램 상단의 On Stream 버튼을 클릭하여 카메라의 스트리밍을 시작하십시오.

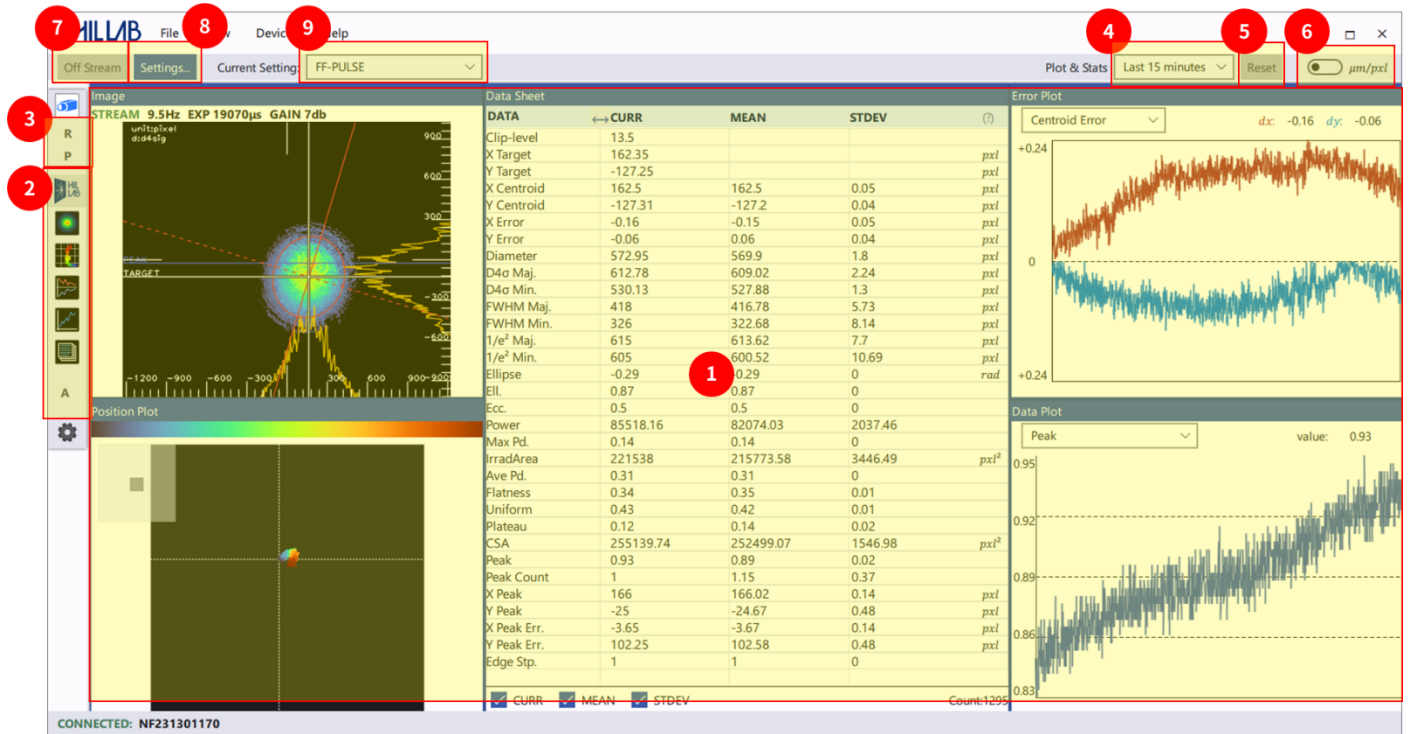


5.5. 밝기 조절

Device 설정 창의 Exposure 및 Gain 을 활용해 밝기를 조절하십시오. 혹은 Auto Exposure Once 버튼을 클릭하여 적절한 노출 값을 프로그램이 자동으로 찾게 하십시오. 이 경우, 몇 초 정도 걸립니다.



5.6. 기본 인터페이스



- ① 프로파일 모니터링을 제공하는 메인 화면입니다.
빔 이미지 및 그래프는 마우스 클릭, 드래그, 휠 조작을 통해 팬 및 줌 기능을 제공합니다.
- ② 메인 화면의 레이아웃을 변경합니다.
하단의 톱니바퀴 버튼을 클릭하여 사용자가 직접 레이아웃을 커스텀 할 수 있습니다.
- ③ 빔 이미지를 캡처하여 파일로 저장합니다.
- ④ 프로파일 데이터를 누적할 최대 시간을 설정합니다.
- ⑤ 누적된 프로파일 데이터를 초기화합니다.
- ⑥ 프로파일 데이터의 단위를 픽셀에서 마이크로미터 단위로 변경합니다.
- ⑦ 카메라의 스트리밍을 시작/종료합니다.
- ⑧ 프로그램의 설정 창을 엽니다.
- ⑨ 현재 프로그램의 설정 이름을 나타냅니다. 클릭하여 다른 설정을 로드합니다.
사용자는 상단 File 메뉴의 Manage Settings... 를 클릭하여 새로운 설정을 생성하거나 제거할 수 있습니다.
모든 프로그램의 변경사항은 현재 로드된 설정에 자동으로 저장됩니다.

6. 프로파일링 및 분석

6.1. 노이즈 제거

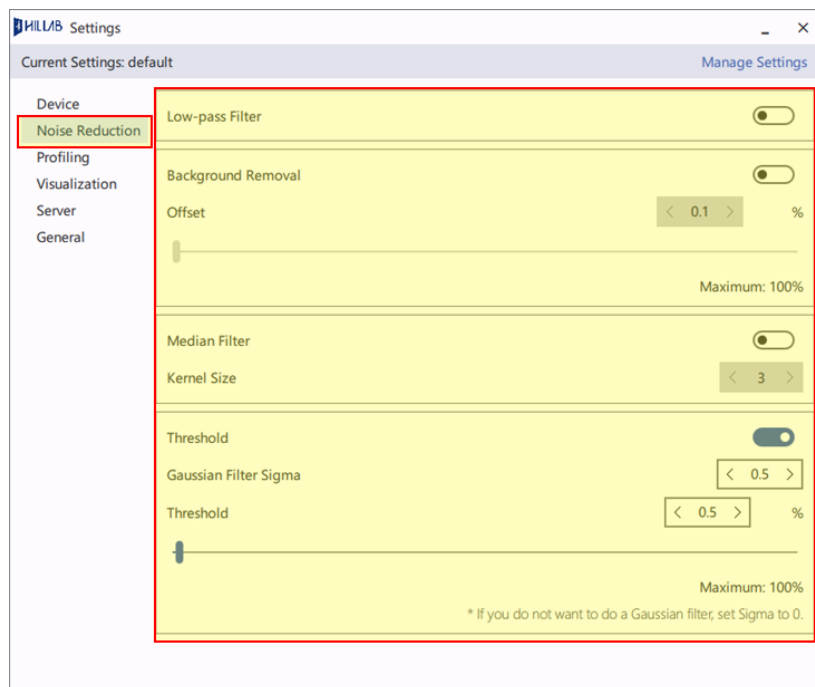
빔 이미지는 프로파일 되기 전 노이즈 제거 단계를 거칩니다. 노이즈 제거의 단계는 다음과 같으며, 각 단계는 독립적으로 비활성화할 수 있습니다.

Low-pass Filter → Background Removal → Median Filter → Threshold

모든 과정은 ISO 표준에서 명시적으로 규정된 절차는 아니지만, 특정 상황에서 유용하게 사용될 수 있습니다. 예를 들어, 신호 대 잡음비(SNR)가 낮거나 고주파 노이즈가 많은 경우, 이러한 처리 단계가 더욱 안정적인 측정을 지원할 수 있습니다.

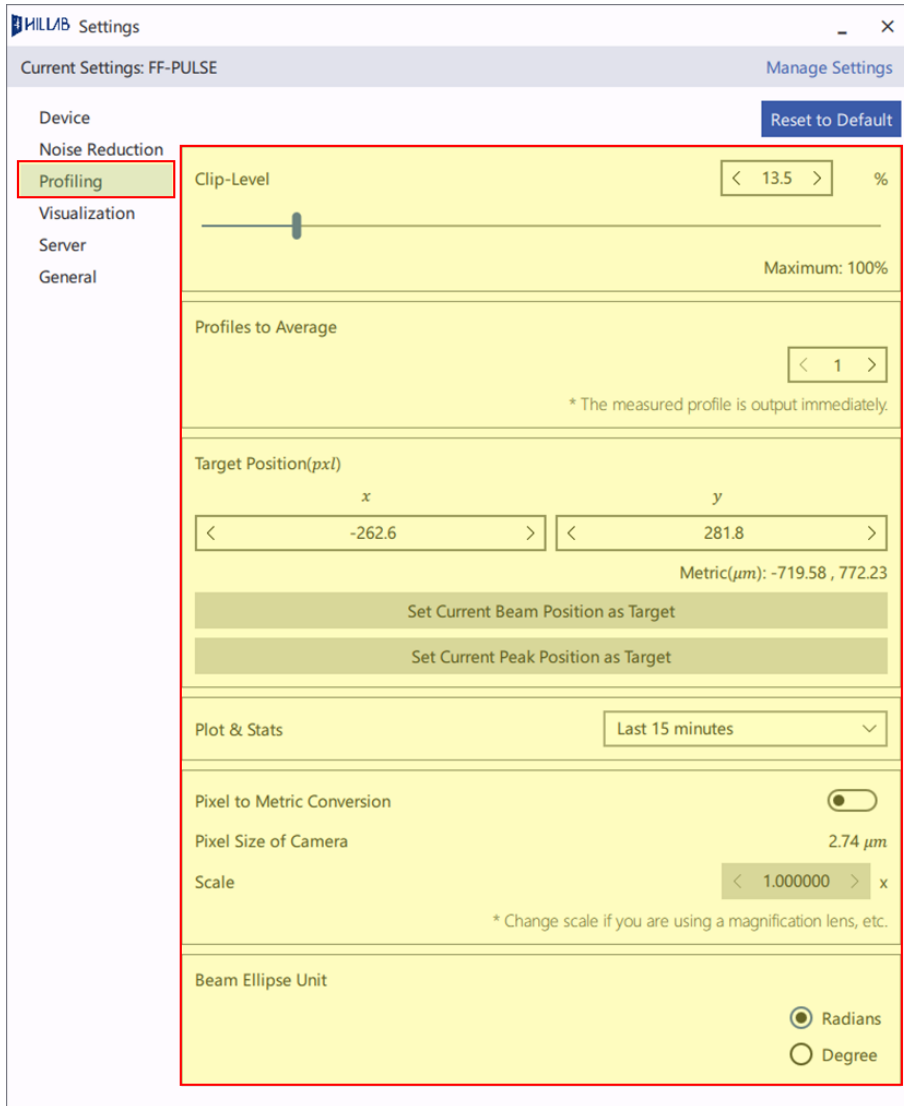
항목	설명
Low-pass Filter	Butterworth 저역 필터로, Nyquist 주파수의 0.7 배로 고정되며 DC 성분은 그대로 통과됩니다. 고주파 노이즈를 제거하면서 ISO 에서 정의한 측정 기준(표준에 따른 최소 조명 픽셀 수 등)에는 영향을 주지 않습니다.
Background Removal	DC 성분을 제거하기 위한 오프셋입니다. 빔의 배경이 카메라의 XY 평면에 수직(즉, 기울어지지 않음)일때만 사용하십시오.
Median Filter	2D 중간값 필터입니다. 신호 대 잡음비(SNR)가 극도로 낮고 Speckle 노이즈가 많은 경우에 사용하십시오.
Threshold	2D 가우시안 필터를 적용하여 평활화 한 뒤, Threshhold 이하인 센서값을 0 으로 변경합니다. 2D 가우시안 필터를 생략하려면 시그마를 0 으로 설정하십시오. Threshold 를 생략하려면 값을 0 으로 설정하십시오.

Noise Reduction 설정 창에서 노이즈 제거 옵션을 변경할 수 있습니다.



6.2. 프로파일링

Profiling 설정 창에서 빔 프로파일링에 반영되는 설정들을 변경할 수 있습니다.



항목	설명
Clip-Level	빔 강도의 최소 임계값 (%). 빔 이미지 자체에는 영향을 미치지 않으며, Clip-level Irradiation Area, Clip-level Average Power Density, Flatness, Uniformity, Edge Steepness 계산에만 적용됩니다.
Profiles to Average	연속 취득한 프로파일을 평균낼 프레임 수 값이 클수록 측정이 안정되지만 응답이 느려집니다.
Target Position	오차(Error) 산출의 기준이 되는 빔 목표위치
Plot & Stats	각 모니터링 뷰어(Data Sheet, Position Plot, Error Plot, Data Plot)에 표시되는 프로파일 데이터의 시간 범위
Pixel to Metric Conversion	픽셀 단위의 측정값을 마이크로미터로 변환하여 표시
Scale	확대 광학계(배율 렌즈 등) 사용 시 실제 빔 크기로 보정하기 위한 배율 입력
Beam Ellipse Unit	빔 단면 기울기(Ellipse 방향각)의 표시 단위 변경 (Radian / Degree)

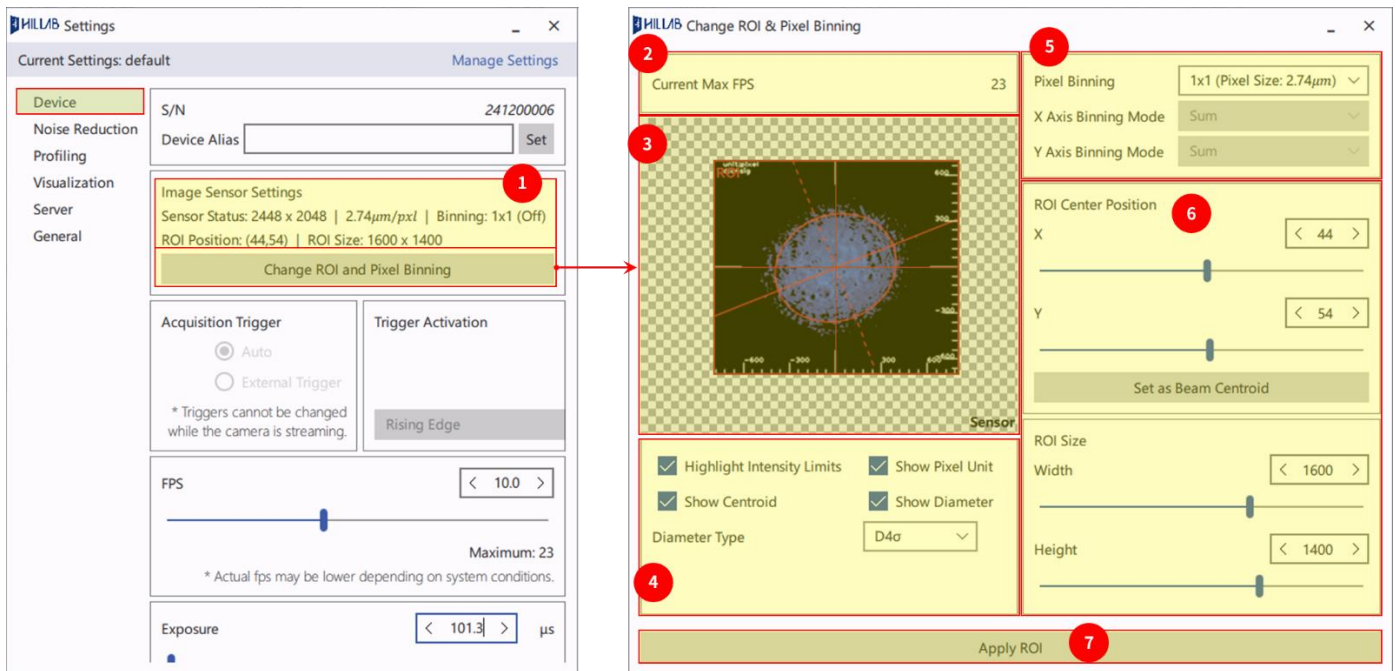
6.3. 이미지 취득 영역 및 해상도 설정

카메라 센서는 기본적으로 전체 해상도로 이미지를 취득합니다. 그러나 빔 프로파일링에서는 항상 전체 센서 영역이 필요하지 않으며, 오히려 불필요한 영역을 포함할수록 배경 노이즈가 측정값에 영향을 미칠 수 있습니다. 이를 보완하기 위해 **ROI**와 **Binning** 두 가지 설정을 제공합니다.

ROI (Region of Interest)는 센서에서 실제로 데이터를 읽어올 영역을 제한합니다. 빔이 위치한 영역만을 취득 대상으로 설정함으로써, 측정 정확도를 높이고 불필요한 연산을 줄여 FPS를 향상시킬 수 있습니다. 정확한 프로파일링을 위해 ROI 크기는 빔 직경의 약 **2~3 배**로 설정하는 것을 권장합니다. ROI가 너무 좁으면 빔의 날개(wing) 성분이 잘려 직경이 과소 측정되고, 너무 넓으면 배경 노이즈가 2차 모멘트 계산에 영향을 줍니다.

Binning은 인접한 픽셀들을 하나의 유효 픽셀로 묶는 기능입니다. 유효 픽셀 크기가 커지는 대신 FPS가 향상되며, 묶인 픽셀을 합산(Sum)하거나 평균(Average)내는 두 가지 모드를 지원합니다. 빔이 충분히 크고 고속 측정이 필요한 경우, 또는 신호가 매우 약해 SNR 향상이 필요한 경우에 활용합니다. 단, Binning을 적용하면 공간 해상도가 감소하므로 정밀한 빔 직경 측정이 필요한 경우에는 1×1(Off) 유지를 권장합니다.

Device 설정 창에서 **Change ROI and Pixel Binning** 버튼을 클릭하면 설정 창이 열립니다. 카메라 스트리밍을 시작한 뒤 ROI 중심을 빔에 맞추고 크기를 조절하십시오.



① 현재 적용된 센서 설정이 표시됩니다.

항목	설명
Sensor Status	센서 해상도 및 픽셀 크기 (예: 2448 × 2048 2.74 μm/pxl)
Binning	현재 적용된 Binning 설정 (예: 1×1 (Off))
ROI Position / ROI Size	현재 ROI의 중심 위치 및 크기

② 현재 ROI 및 Binning 설정에서 달성 가능한 최대 FPS가 표시됩니다. ROI를 줄이거나 Binning을 높이면 최대 FPS가 증가합니다.

참고 여기에 표시되는 FPS는 카메라가 이미지를 전송할 수 있는 최대 속도입니다. 실제 빔 프로파일링(노이즈 제거, 2차 모멘트 계산 등)은 이미지 수신 이후 소프트웨어에서 별도로 처리되므로, 연산 부하가 높은 환경에서는 프로파일링 처리 속도가 카메라 FPS보다 느려질 수 있습니다. 예를 들어 카메라가 초당 20장의 이미지를 전송하더라도, 프로파일링 연산에 장당 100ms 이상 소요된다면 실제 프로파일링은 초당 10회 이하로 수행됩니다.

- ③ 전체 센서 영역(체커보드) 대비 현재 ROI(빔 이미지)의 위치와 크기를 시각적으로 확인할 수 있습니다. 빨간색의 사각형은 변경하고자 하는 목표 ROI 를 나타냅니다. 마우스 휠로 목표 ROI 위치를 변경하거나, 휠 조작으로 크기를 변경할 수 있습니다. 미세한 ROI 조정은 ⑥ 에서 할 수 있습니다.
- ④ 빔 이미지에서 표시할 항목을 선택할 수 있습니다.
- ⑤ Pixel Binning 은 인접한 픽셀들을 하나의 유효픽셀로 다룹니다. 유효 픽셀 크기가 커지는 대신 카메라의 FPS 가 향상됩니다.

항목	설명
Pixel Binning	Binning 배율 선택 (1×1, 2×2, 4×4 등). 괄호 안에 유효 픽셀 크기가 표시됩니다.
X / Y Axis Binning Mode	각 축의 Binning 연산 방식 선택 Sum: 묶인 픽셀들의 값을 합산합니다. 신호가 약한 저출력 빔 측정 시 SNR 향상에 유리합니다. Average: 묶인 픽셀들의 평균값을 사용합니다. 픽셀 값의 범위를 유지하여 포화 없이 측정할 때 적합합니다.

참고 Binning 을 변경하면 유효 픽셀 크기가 달라지므로, 마이크로미터 단위의 측정값이 함께 변경됩니다.

- ⑥ ROI(Region of Interest)는 센서에서 실제로 데이터를 읽어오는 영역을 제한합니다. ROI 를 줄이면 불필요한 영역의 데이터를 처리하지 않으므로 최대 FPS 가 향상됩니다.

항목	설명
ROI Center Position (X, Y)	ROI 중심의 픽셀 좌표
Set as Beam Centroid	현재 빔의 무게중심 위치를 ROI 중심으로 자동 설정
ROI Size - Width / Height	ROI 의 가로/세로 크기 (픽셀 단위)

참고 정확한 프로파일링을 위해 ROI 는 빔 직경의 2~3 배 크기로 설정하는 것을 권장합니다. ISO 11146-1 은 2 차 모멘트(D4σ) 계산 시 적분 영역을 빔 폭의 3 배로 제한할 것을 규정하고 있습니다. ROI 가 너무 넓으면 배경 노이즈가 측정값에 영향을 미치고, 너무 좁으면 빔의 날개(wing) 성분이 잘려 빔 직경이 과소 측정될 수 있습니다.

- ⑦ 변경된 ROI 및 Binning 설정을 카메라에 적용합니다. 적용 후 센서 상태(①)가 새로운 설정으로 갱신됩니다.

참고 ROI 위치 및 크기는 스트리밍 중에도 변경할 수 있습니다. 빔 이미지(③)를 확인하면서 빔이 ROI 중앙에 위치하도록 조정하십시오.

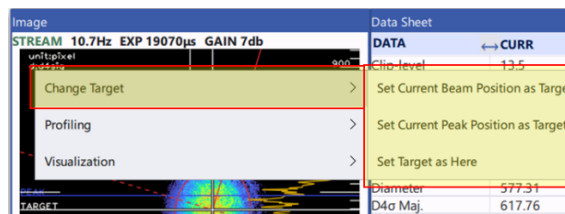
6.4. 목표 위치 및 오차

빔 프로파일 데이터에는 빔의 **기본 오차(Centroid Error, X Error/Y Error)**와 **피크 오차(Peak Error, X Peak Error/Y Peak Error)**를 제공함으로써 사용자가 하여금 시간이 지남에 따른 빔의 틀어짐 정도를 모니터링 할 수 있도록 합니다.

우선, 사용자는 빔의 **목표위치(X Target/Y Target)**를 정의하여 오차를 모니터링할 기준 지점을 설정해야 합니다. 목표위치는 빔 이미지에서 TARGET 표기가 되어있는 흰색 십자선으로 나타납니다.

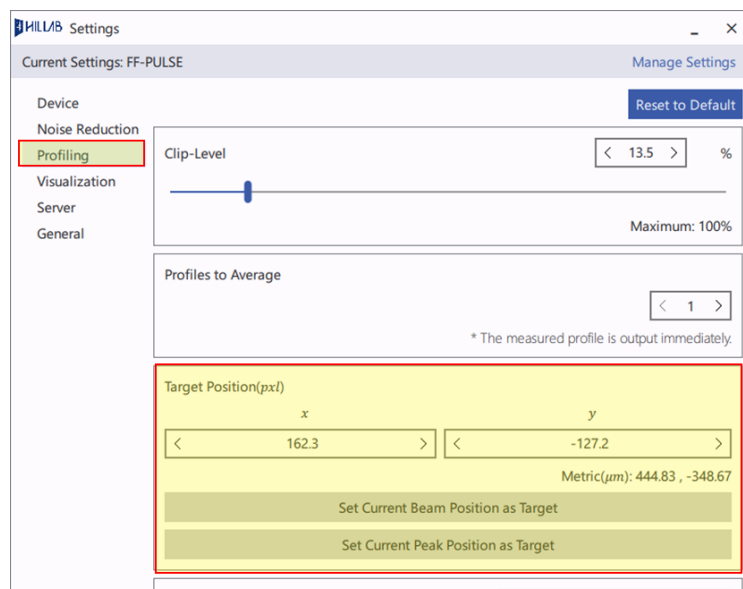
기본 오차는 빔의 목표위치와 빔의 1 차 모멘트 계산에 의한 무게중심(Centroid) 사이의 거리로 정의됩니다. 무게중심은 빔 이미지에서 빨강 색의 실선과 점선으로 이루어진 십자선으로 나타나며, 실선이 빔의 Major axis, 점선이 빔의 Minor axis 를 의미합니다. 피크 오차는 빔의 목표위치와 피크 위치(X Peak, Y Peak) 사이의 거리로 정의됩니다. 피크 위치는 빔 이미지에서 PEAK 표기가 되어있는 파랑색 십자선으로 나타납니다.

빔의 목표위치를 변경하려면, 카메라가 연결된 상태에서 빔 이미지를 마우스로 우클릭하여 Change Target 항목을 선택하십시오.



항목	설명
Set Current Beam Position as Target	목표위치를 현재 빔의 무게중심 위치로 변경합니다.
Set Current Peak Position as Target	목표위치를 현재 빔의 피크 위치로 변경합니다.
Set Target as Here	목표위치를 마우스 우클릭한 위치로 변경합니다.

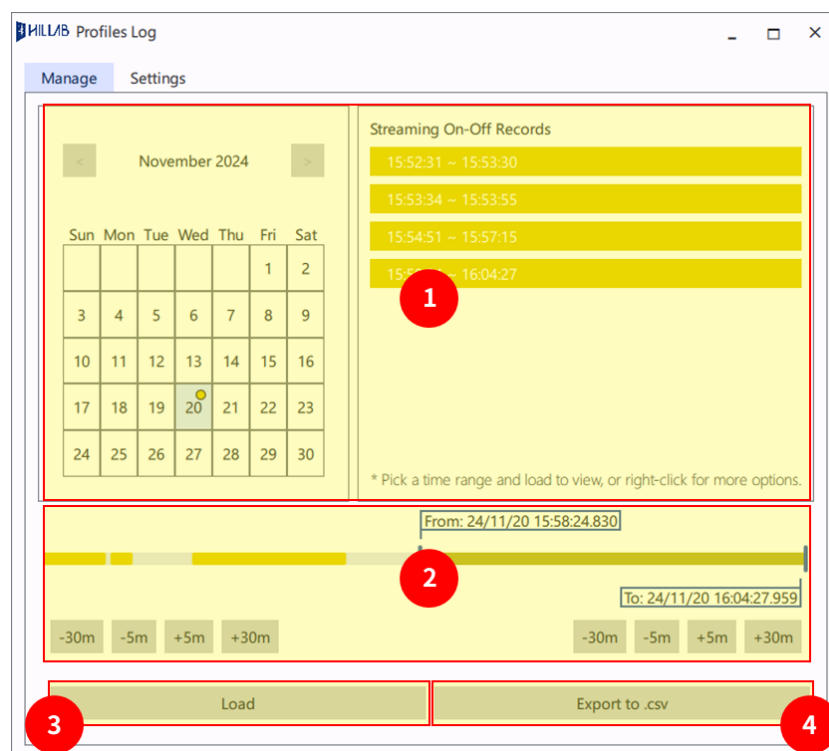
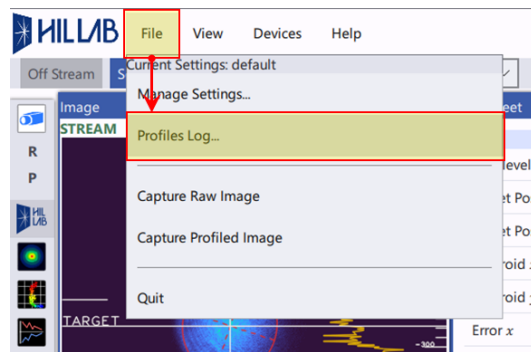
혹은 Profiling 설정 창에서 목표위치를 픽셀 단위로 변경할 수 있습니다.



메인 화면의 Error Plot 이 빔 오차의 누적 변화 그래프를 나타냅니다. 그래프에 대한 사항은 [7.3. 빔 오차 그래프 \(Error Plot\)](#) 항목을 참고하십시오.

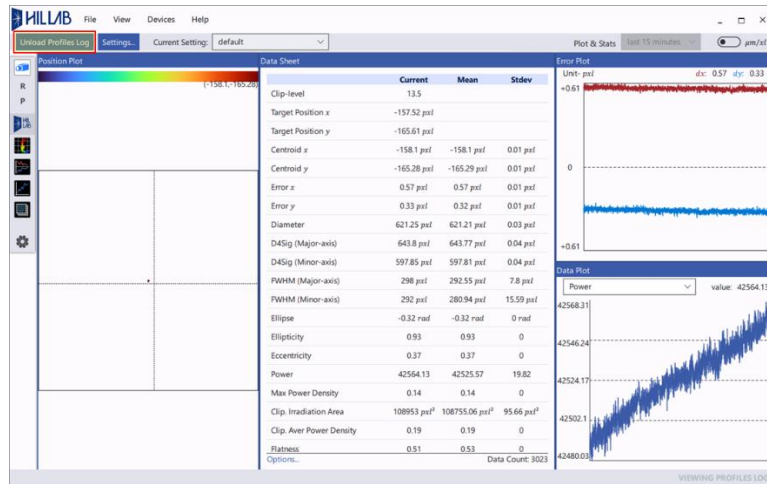
6.5. 누적 프로파일 조회, 저장, 불러오기

카메라가 이미지를 취득하여 프로파일을 생성하면 이 데이터는 C 드라이브에 바이너리 형태로 저장되며, **프로그램이 종료되면 자동으로 제거됩니다.** File 메뉴에서 Profiles Log... 를 클릭하여 나오는 Profiles Log 창에서 사용자는 프로그램이 실행된 이후 측정된 모든 프로파일을 조회하고 외부 파일로 저장할 수 있습니다.

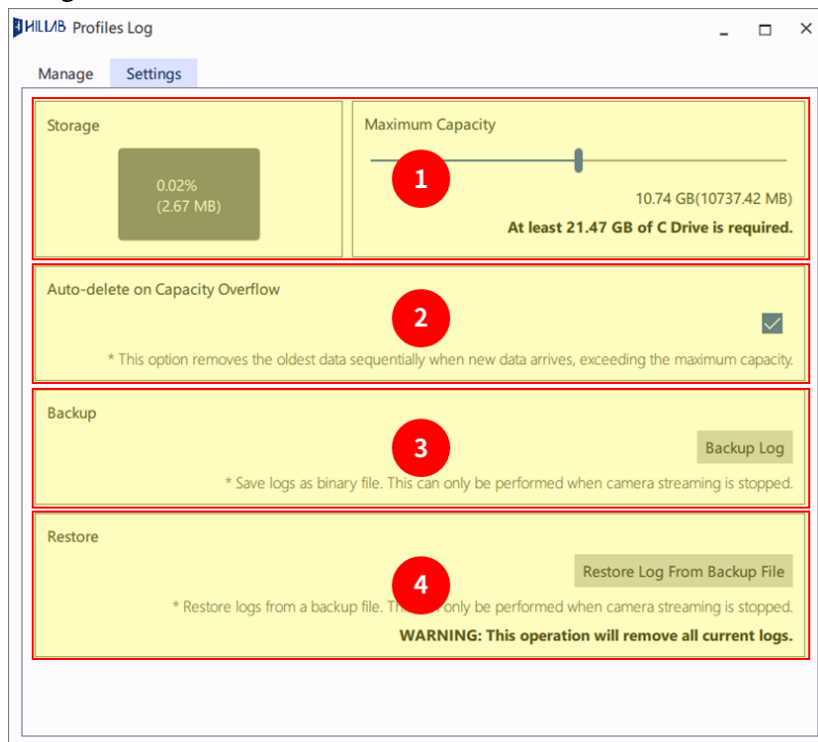


- ① 카메라의 스트리밍이 시작-종료된 시점에 기록된 데이터를 나타냅니다. 우측의 노랑색 기록 버튼을 클릭 시, (2)의 시계열 그래프의 시작-종료 구간이 해당 시점으로 변경됩니다. 혹은 우클릭하여 해당 구간의 데이터를 csv 파일로 저장하거나, 혹은 제거할 수 있습니다.
- ② 프로그램의 실행에 따른 시계열 그래프를 나타냅니다. 노랑색으로 표기된 부분은 카메라가 스트리밍 중이었던 시점을 나타냅니다. From 과 To 는 각각 현재 선택된 구간의 시작과 끝 시각을 나타냅니다. 하단의 버튼으로 구간을 늘이거나 줄일 수 있습니다.
- ③ ②에서 선택된 구간에 측정된 프로파일을 불러옵니다.
- ④ ②에서 선택된 구간에 측정된 프로파일을 csv 파일로 저장합니다.

프로파일이 로드되면, 메인 화면의 그래프 및 데이터는 선택된 구간의 누적 프로파일을 보여줍니다. 이 상태에서 카메라의 연결은 자동으로 해제되며, 프로파일이 로드된 동안 연결할 수 없게 됩니다. 프로파일을 언로드하려면 프로그램 상단의 Unload Profiles Log 버튼을 클릭하십시오.



Profiles Log 창 상단의 Settings 탭을 클릭하면 프로파일 로그의 최대 용량을 변경하거나 백업 혹은 복원할 수 있습니다.



- ① 좌측은 지금까지 저장된 프로파일의 총 용량을 나타내며, 우측은 저장할 프로파일의 최대 용량 제한을 조절할 수 있습니다. 데이터는 프로그램 종료시 자동으로 제거됩니다.
- ② 누적된 프로파일이 제한된 최대 용량에 도달했을 때, 이 옵션이 활성화 되어있으면 가장 오래된 데이터를 제거합니다. 비활성화 되어있으면 프로파일이 정지됩니다.
- ③ 현재 프로그램에 누적된 모든 프로파일을 SQLite 3 데이터베이스 바이너리 파일로 백업합니다.
- ④ 현재 프로그램에 누적된 모든 프로파일을 제거하고 백업된 파일을 불러옵니다. 백업 파일이 외부에서 수정되었을 경우 프로그램이 정상적으로 작동하지 않을 수 있습니다.

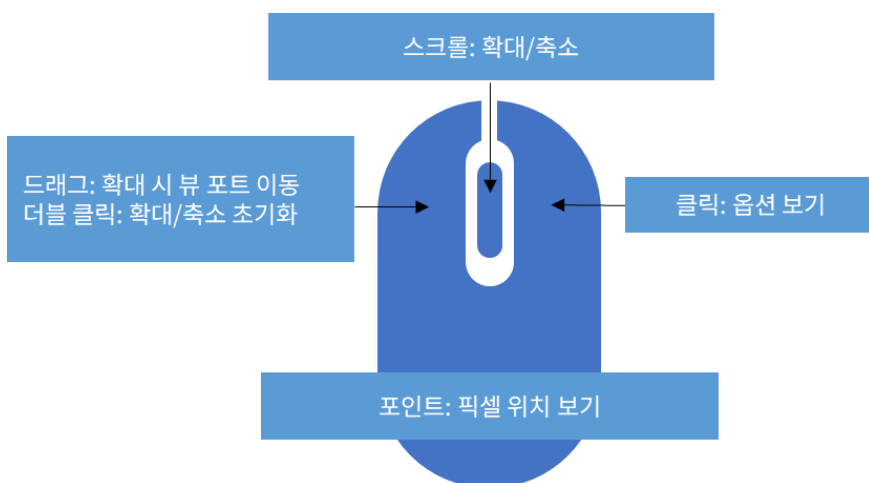
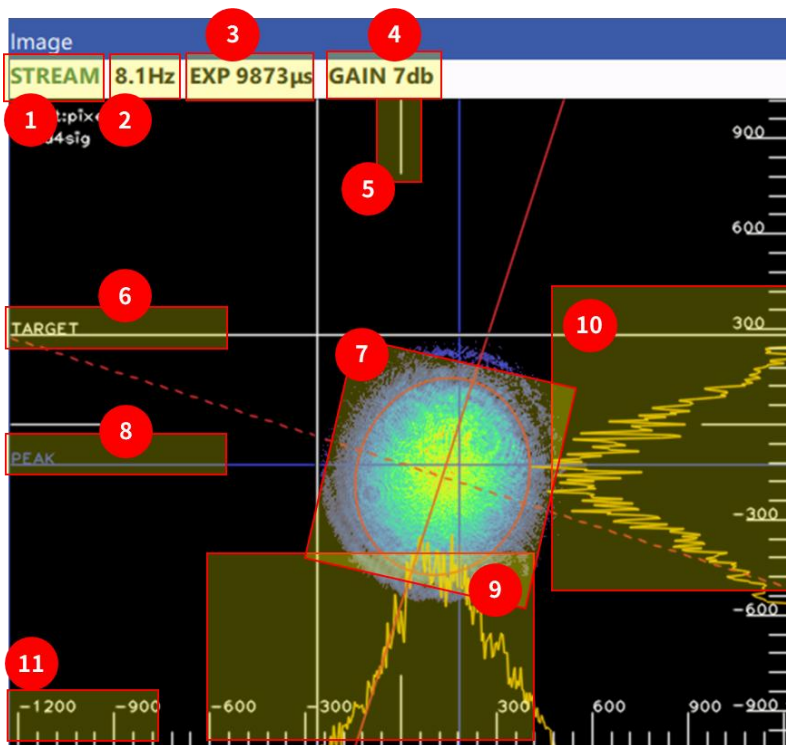
7. 데이터 뷰어

메인 화면에 있는 모든 데이터 뷰어의 작동 방식 및 상호 작용 방법을 설명합니다.

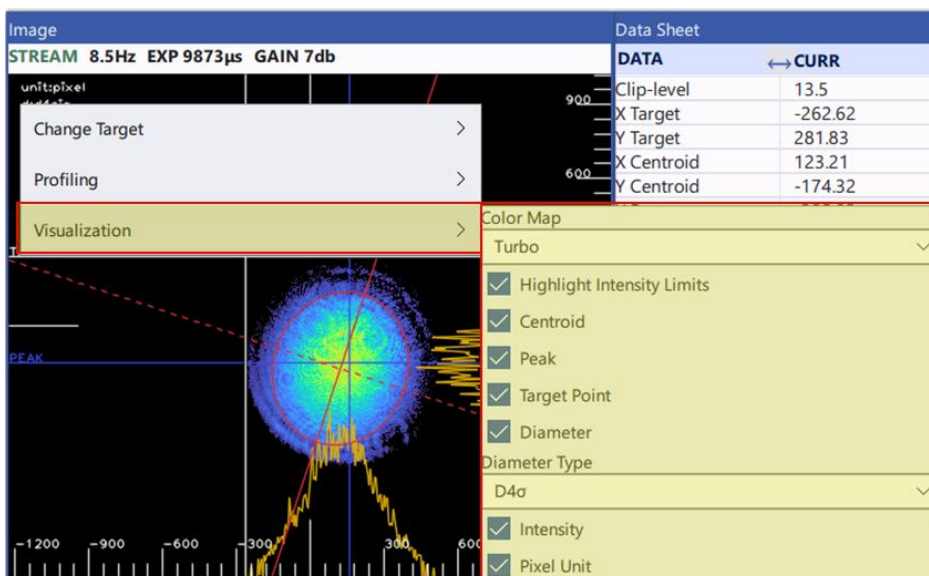
7.1. 빔 이미지 (Image)

프로파일된 빔의 이미지를 관찰할 수 있습니다. 빔 이미지는 활성화된 노이즈 제거 옵션이 적용되었으며, 추가로 다양한 프로파일 데이터를 빔 이미지 위에 오버레이하여 보여줍니다.

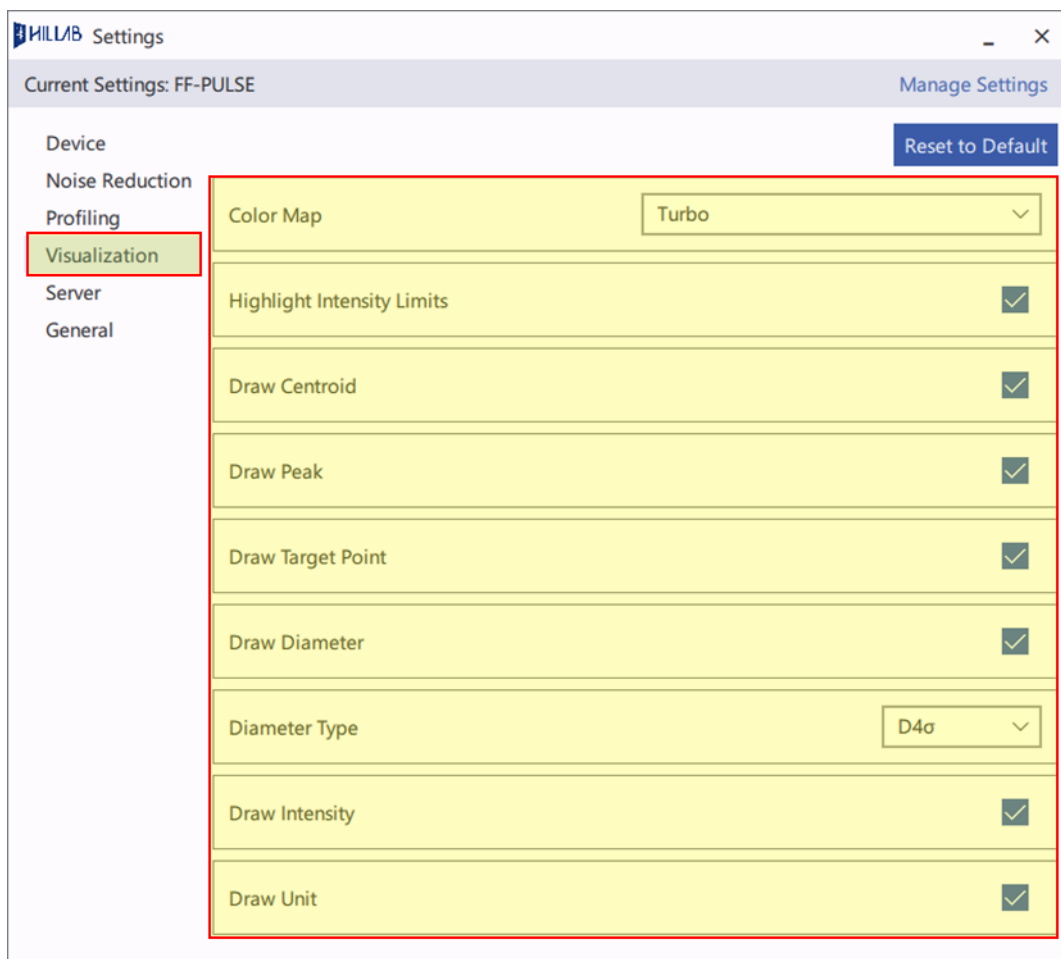
- ① 디바이스 스트리밍 상태
- ② 이미지 출력 FPS
- ③ 디바이스 노출
- ④ 디바이스 게인
- ⑤ 센서 중심 십자선
- ⑥ 목표 위치 십자선 (흰색)
- ⑦ 빔 직경 및 Major/Minor-axis 점선 (빨강색)
- ⑧ Peak 위치 십자선 (파랑색)
- ⑨ Major-axis 강도 그래프
- ⑩ Minor-axis 강도 그래프
- ⑪ 센서 눈금



빔 이미지 우클릭 후 Visualization 항목에서 프로파일 오버레이 여부를 변경할 수 있습니다.

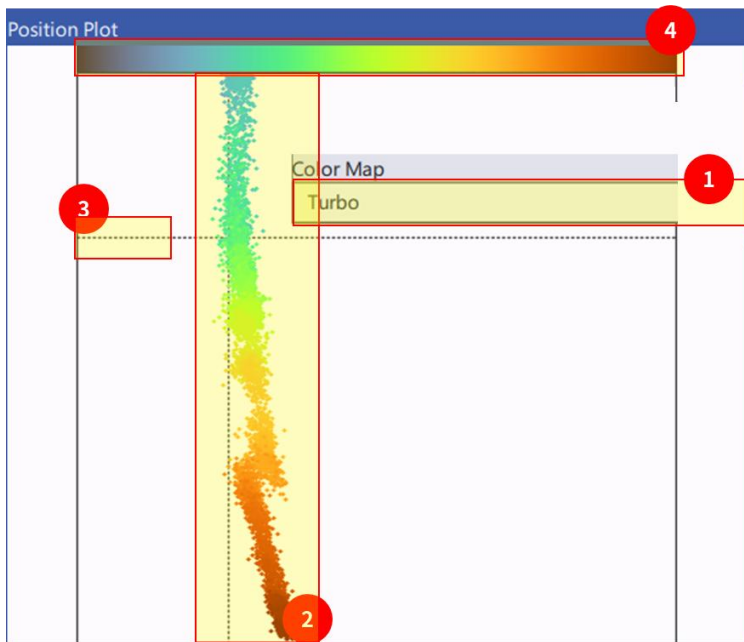


Visualization 설정 창에서도 동일한 옵션을 제공합니다.

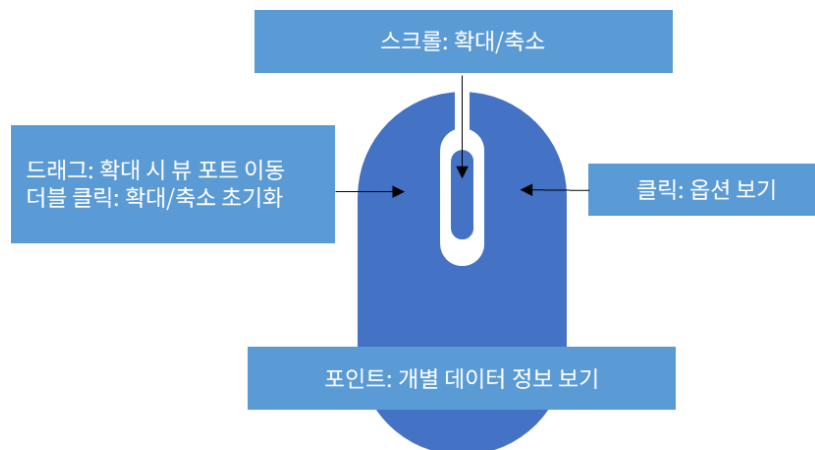


7.2. 빔 위치 그래프 (Position Plot)

누적된 빔의 위치(Centroid)를 보여줍니다. 데이터는 기록 시간에 따른 컬러맵으로 표시되어 빔의 이동 변화 양상을 파악할 수 있습니다.



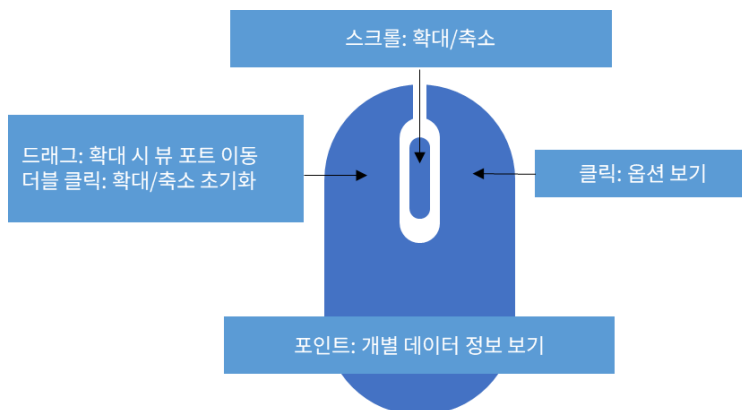
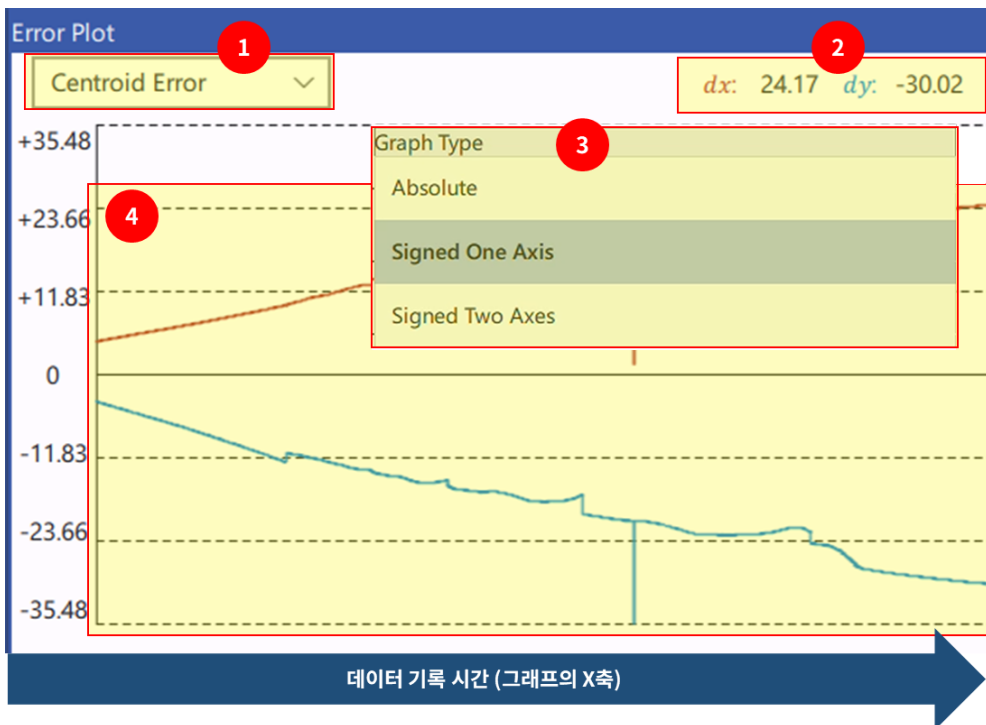
- ① 마우스 우클릭하여 컬러맵 변경
- ② 빔의 기록 시간의 순서를 컬러맵으로 표현
- ③ 목표 위치를 나타내는 점선 십자선
- ④ 적용된 컬러맵



7.3. 빔 오차 그래프 (Error Plot)

사용자가 설정한 목표 위치와 빔의 위치(Centroid) 사이의 거리로 정의되는 오차(Error)를 시계열 그래프로 보여줍니다.

- ① 모니터링 할 오차의 종류 선택 (Centroid Error 혹은 Peak Error)
- ② 가장 최근 오차값, 혹은 마우스로 포인팅한 지점의 오차값
- ③ 마우스 우클릭하여 그래프 정책 변경
- ④ 빨강색: 빔의 X 축 오차
파랑색: 빔의 Y 축 오차



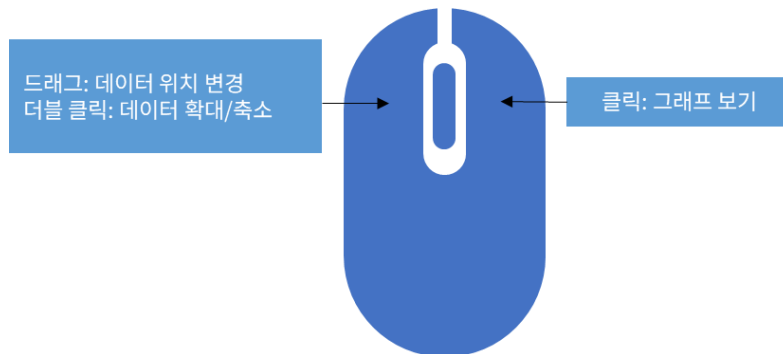
항목	설명
Absolute	오차의 절대값이 그래프의 Y 축과 비례하도록 그래프를 구성합니다. X 축 오차 데이터와 Y 축 오차 데이터는 그래프의 X 축을 공유하나, X 축 오차는 그래프의 상단에 최댓값이 기록되며, Y 축 오차는 그래프의 하단에 최댓값이 기록됩니다.
Signed One Axis	오차가 그래프의 Y 축과 비례하도록 그래프를 구성합니다. X 축 오차 데이터와 Y 축 오차 데이터는 그래프의 X 축과 Y 축을 공유합니다. X 축과 Y 축 오차 모두 그래프의 상단에 최댓값이 기록되며, 하단에 최솟값이 기록됩니다.
Signed Two Axis	오차가 그래프의 Y 축과 비례하도록 그래프를 구성합니다. X 축 오차 데이터와 Y 축 오차 데이터는 각각 고유한 X 축을 가지며, 그래프의 상단에 최댓값이 기록되고 하단에 최솟값이 기록됩니다.

7.4. 데이터 시트 (Data Sheet)

가장 최근의 프로파일 및 누적 프로파일의 평균과 표준편차를 보여줍니다. 각 데이터를 마우스 우클릭하면 그래프를 볼 수 있으며, 이 그래프의 조작 방법은 데이터 그래프(Data Plot)와 동일합니다.

Data Sheet				
TA	CURR	MEAN	STDEV	(?)
Ap-level	13.5			
X Target	-262.62			pxl
Y Target	281.83			pxl
X Centroid	121.97	122.06	0.06	pxl
Y Centroid	-175.91	-175.83	0.05	pxl
X Error	-384.59	-384.68	0.06	pxl
Y Error	-457.75	-457.67	0.05	pxl
Diameter	588.99	588.98	0.03	pxl
D4σ Maj.	629.28	629.33	0.05	pxl
D4σ Min.	545.73	545.67	0.05	pxl
FWHM Maj.	375	380.05	12.21	pxl
FWHM Min.	307	335.53	15.62	pxl
1/e ² Maj.	663	665.46	14.45	pxl
1/e ² Min.	599	606.88	2.65	pxl
Ellipse	-0.32	-0.32	0	rad
	0.87	0.87	0	
	0.5	0.5	0	
Power	86188.45	86189.89	17.05	
Max Pd.	0.14	0.14	0	
Area	243472	243453.31	65.84	pxl ²
Pd.	0.29	0.29	0	
Flatness	0.36	0.36	0	
Uniform	0.41	0.41	0	
Plateau	0.14	0.14	0.01	
CSA	269719.47	269707.79	32.59	pxl ²
Peak	0.82	0.81	0.01	
Peak Count	1	1.22	0.48	
X Peak	160	157.49	14.04	pxl
Y Peak	-152	-152.09	1.19	pxl
X Peak Err.	-422.62	-420.11	14.04	pxl
Y Peak Err.	-433.83	-433.92	1.19	pxl
Stp.	1	1	0	

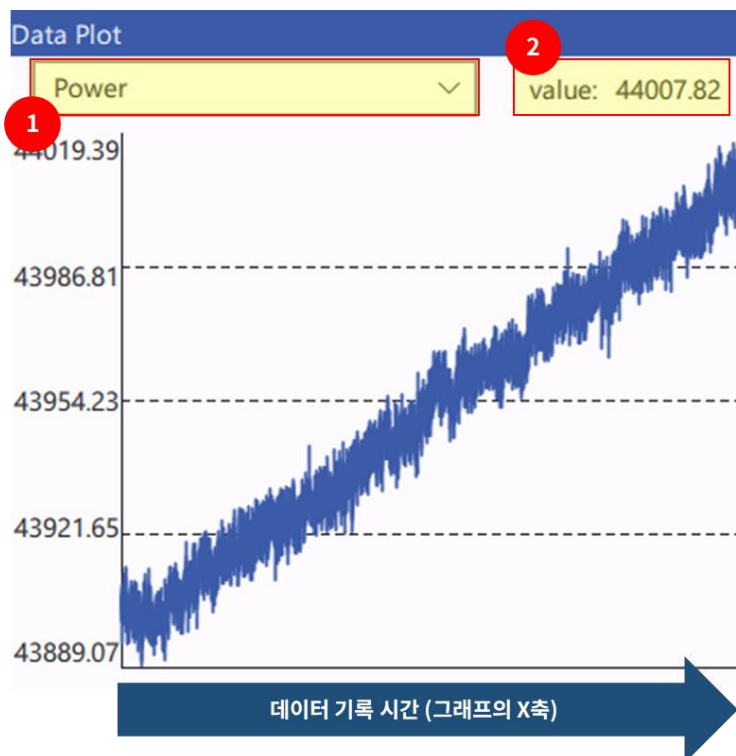
CURR MEAN STDEV Count:376



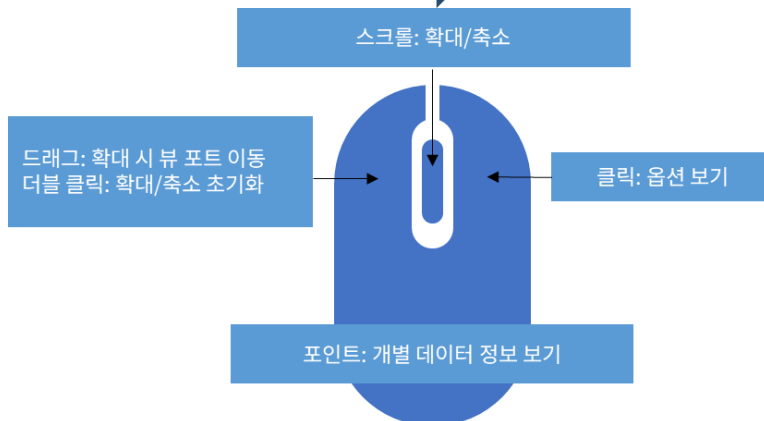
- ① 데이터를 클릭 및 드래그하여 위치 변경
- ② 데이터를 더블클릭하여 확대/축소
- ③ 데이터를 우클릭하여 그래프 보기
- ④ 데이터 출력 옵션 변경

7.5. 데이터 그래프 (Data Plot)

단일 데이터의 시계열 그래프를 보여줍니다.



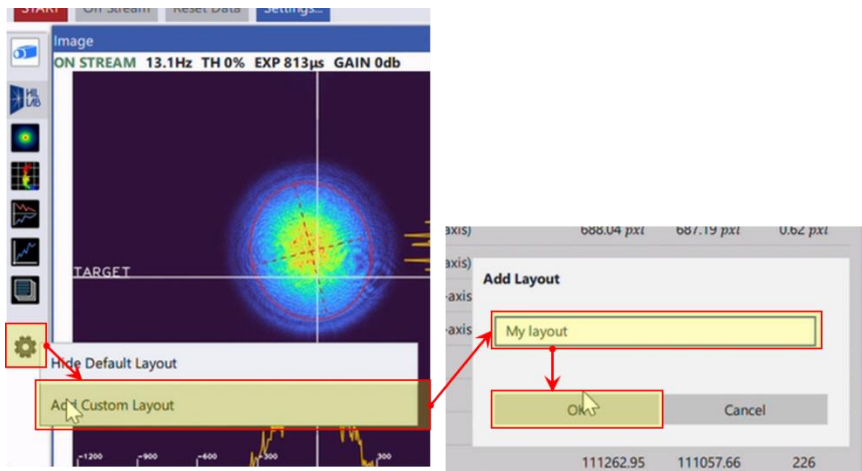
- ① 표시할 데이터 변경
- ② 가장 최근 값, 혹은 마우스로 포인팅한 지점의 값



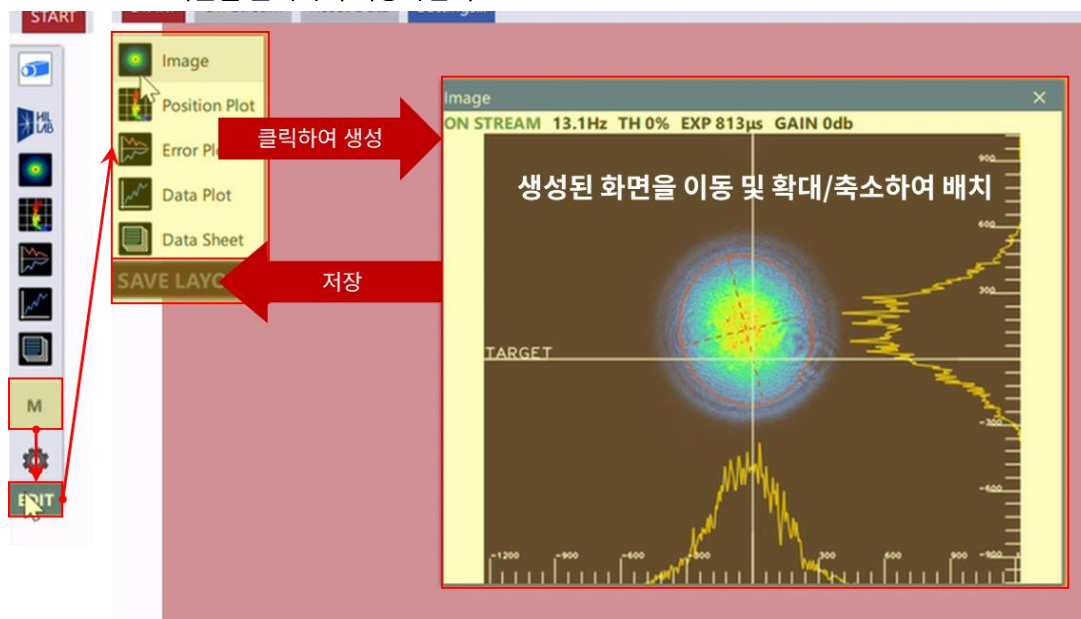
7.6. 데이터 뷰어 레이아웃 커스터마이징

메인 화면의 데이터 뷰어 배치는 커스터마이징 할 수 있습니다.

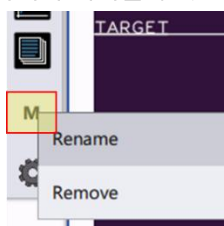
새로운 커스텀 레이아웃을 생성하려면, 메인 화면 좌측의 톱니바퀴 버튼을 클릭한 뒤 Add Custom Layout 을 클릭하십시오. Add Layout 창에서 레이아웃의 이름을 입력한 뒤 확인을 클릭하여 레이아웃을 생성하십시오.



이후, 톱니바퀴 상단에 생성된 새로운 레이아웃 버튼을 클릭하십시오. 톱니바퀴 하단의 EDIT 버튼을 클릭하여 원하는 데이터 뷰어를 배치한 뒤 SAVE LAYOUT 버튼을 클릭하여 저장하십시오.



레이아웃 버튼을 우클릭하여 레이아웃의 이름을 변경하거나 제거할 수 있습니다.

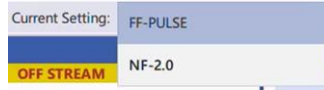


참고 제거된 레이아웃은 복구할 수 없습니다.

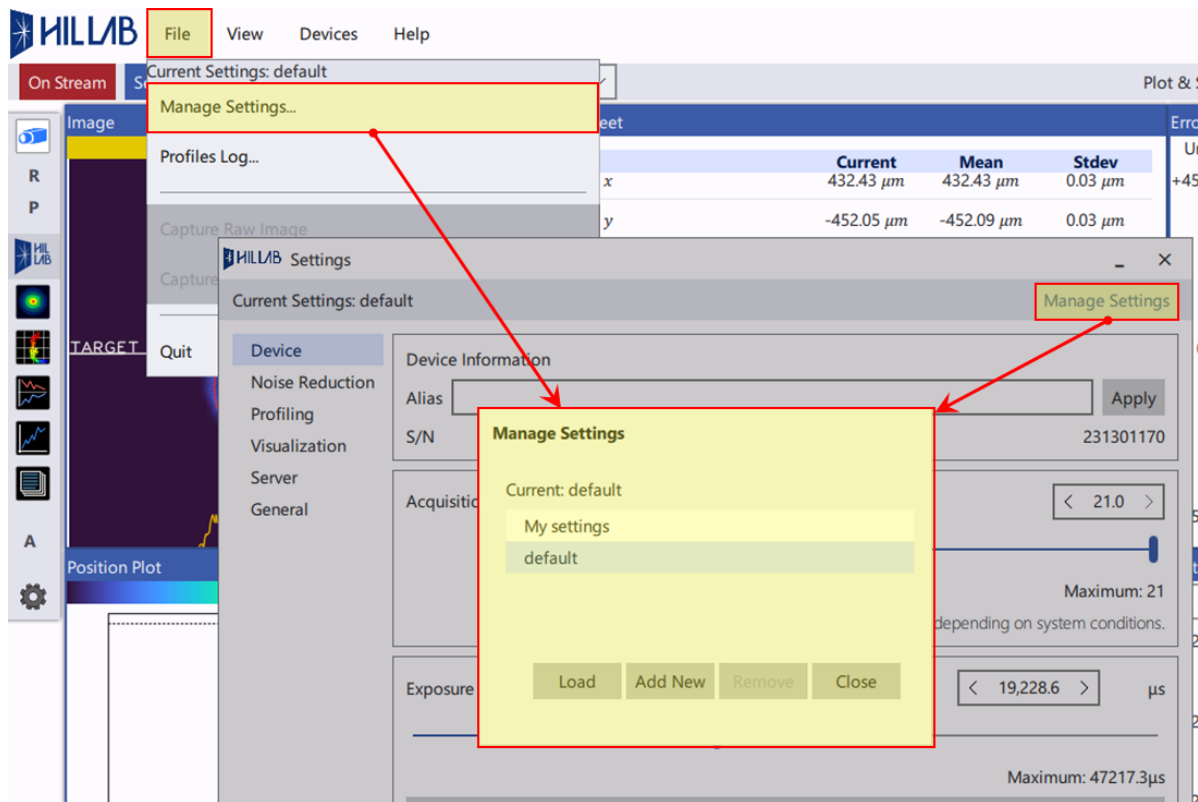
8. 프로그램 설정 관리

본 프로그램은 실행 시 레지스트리에 저장된 설정 중 마지막으로 저장된 설정을 자동으로 로드합니다. 실행 중 프로그램의 변경 사항은 로드된 설정에 즉시 저장됩니다. 단, 삭제된 설정은 복구할 수 없습니다.

현재 로드된 설정은 프로그램 상단의 Current Setting 우측에서 확인할 수 있으며, 클릭하여 다른 설정을 로드할 수 있습니다.



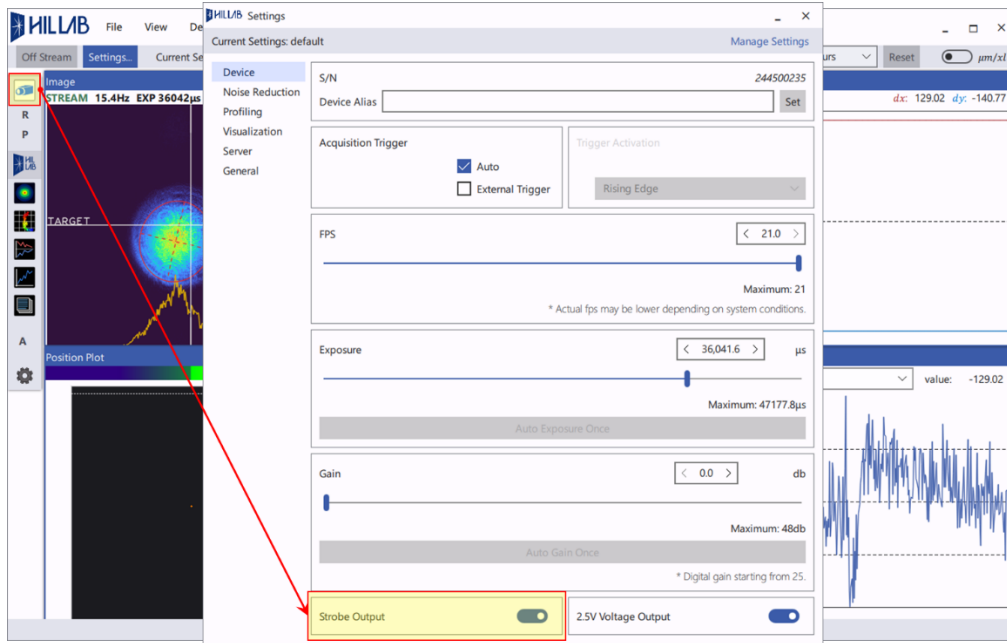
설정을 새로 생성하거나 제거하려면 File 메뉴의 Manage Settings... 를 클릭하십시오. Add New 버튼을 클릭하면 현재 로드된 설정을 복제하여 새로운 설정을 생성합니다.



9. 고급 사용자 가이드

9.1. 스트로브 출력

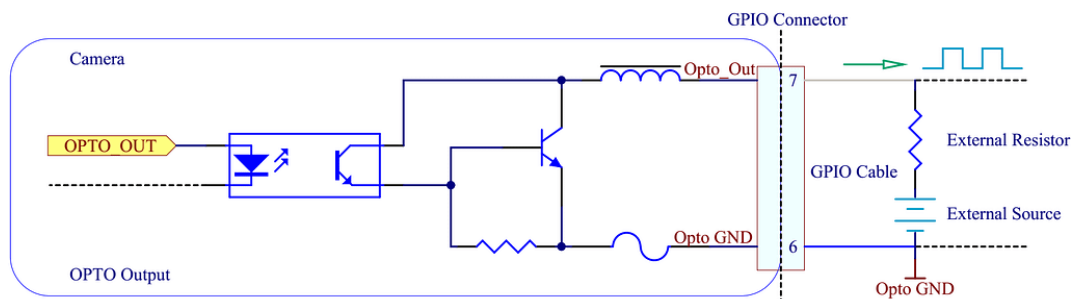
특정 애플리케이션에서는 카메라의 이미지 취득 방식과 관계없이 다른 장치를 카메라 캡처와 동기화해야 합니다. 이 경우, 사용자는 카메라의 스트로브 출력 기능을 활용하여 프레임 캡처가 정확히 언제 진행되는지 확인할 수 있습니다. 스트로브 출력 기능을 사용하려면 Device 설정 창에서 Strobe Output 토글을 활성화하십시오. 스트로브 신호는 카메라의 노출이 활성화될 때 동기화되어 출력됩니다.



스트로브 출력은 7번 광절연 출력 핀을 사용합니다. 자세한 핀의 정보는 [10.1. GPIO 핀 맵](#) 항목을 참고하십시오.

저항 값과 풀업 전압 값 목록은 다음 표를 참고하십시오.

Voltage (V)	External Resistor (Ω)	Max Rise Delay (μs)	Max Fall Delay (μs)	Max Rise Time (μs)	Max Fall Time (μs)	Current (mA)	Low Level (V)
2.5	150	50	5	40	5	5.7	0.9
2.5	330	50	5	40	5	2.9	0.8
2.5	560	50	5	40	5	1.9	0.5
2.5	1k	50	5	40	5	1.2	0.3
5	330	50	5	50	5	6.6	0.9
5	560	50	5	50	5	4	0.7
5	1k	50	5	50	5	2.4	0.5
5	1.8k	50	5	50	5	1.4	0.4
12	1k	50	5	60	5	6	0.9
12	1.8k	50	5	60	5	3.4	0.9
12	2.7k	50	5	60	5	2.4	0.7
12	4.7k	50	5	60	5	1.5	0.5
24	1.8k	60	5	60	5	7.1	0.9
24	2.7k	60	5	60	5	4.7	0.9
24	4.7k	60	5	60	5	2.8	0.7
24	6.8k	60	5	60	5	2.1	0.6



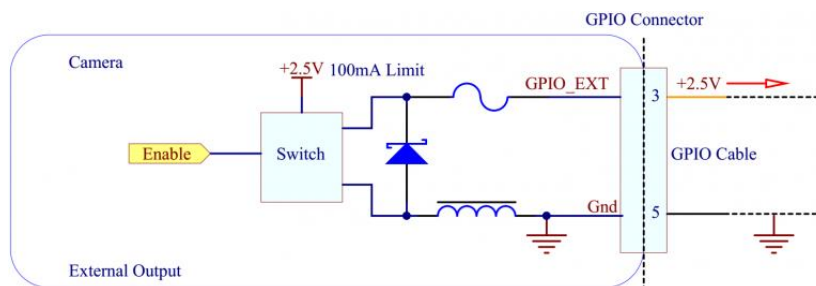
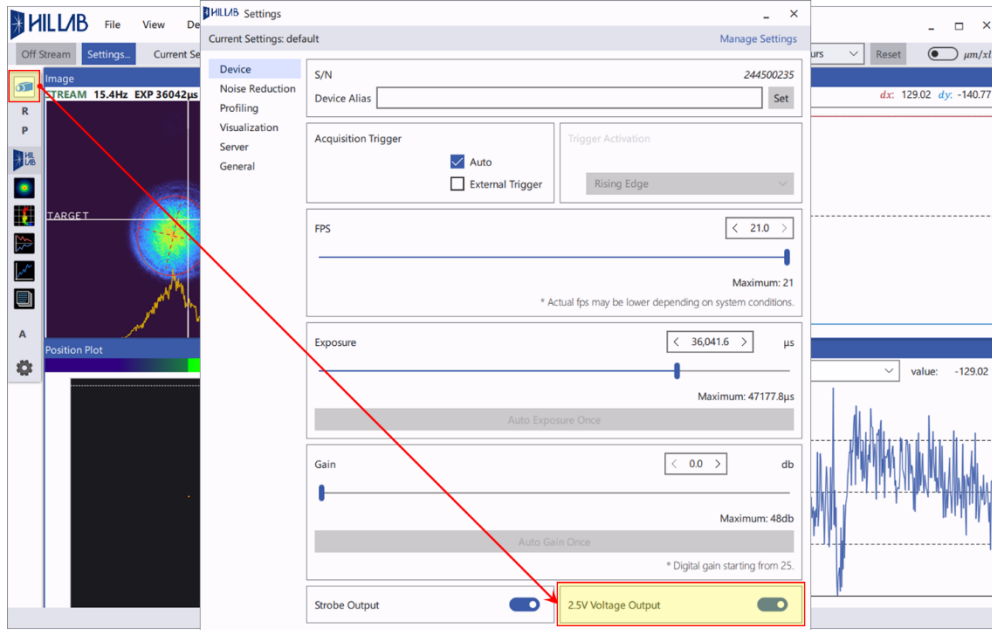
9.2. VCC 전압 출력

카메라는 3 번 핀을 통해 VCC 전압 출력을 제공하며, 사용자는 이를 옵토커플러 신호의 풀업 전원 혹은 소형 외부 장치의 전원 공급 등에 사용할 수 있습니다. 자세한 핀의 정보는 [10.1. GPIO 핀 맵](#) 항목을 참고하십시오.

출력 사양은 다음과 같습니다.

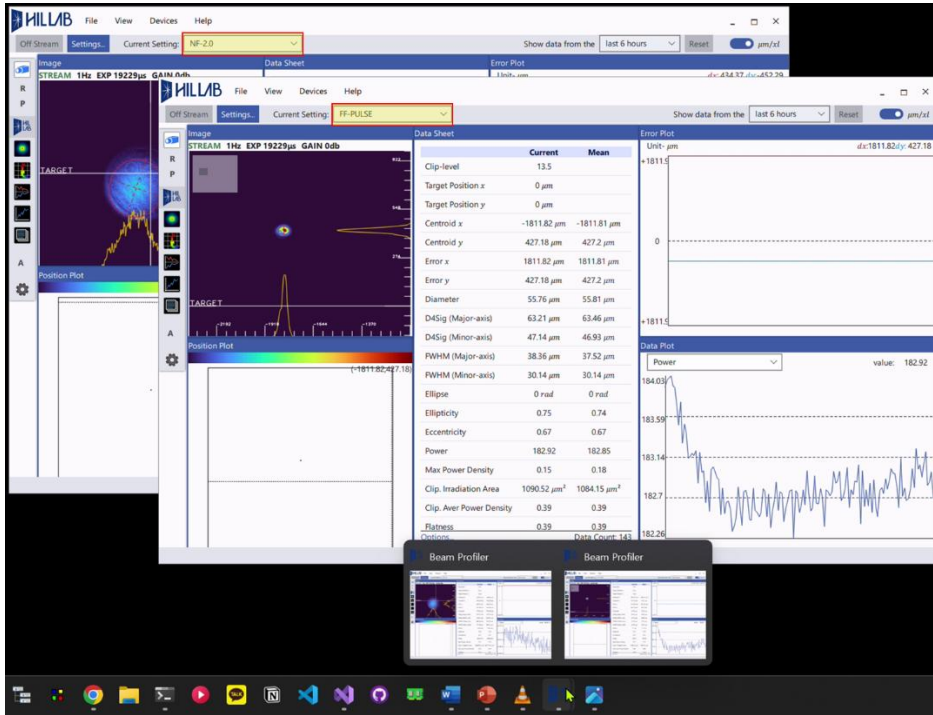
출력 전압	최대 출력 전류
2.5V	100mA

카메라의 전압 출력을 활성화하려면 Device 설정에서 2.5V Voltage Output 토글을 활성화하십시오.

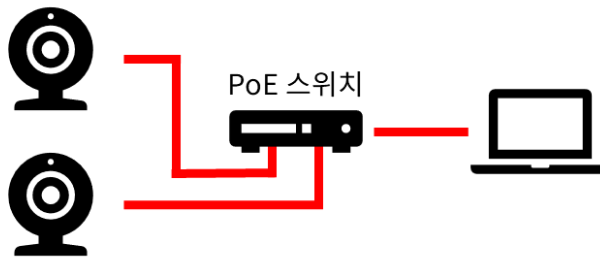


9.3. 여러 대의 디바이스 연결

여러 대의 디바이스를 하나의 PC 에서 사용하려면, 디바이스 수에 맞게 프로그램을 여러 번 실행해야 합니다. 이 때, 각 프로그램은 고유한 설정을 로드해야 하며, 하나의 설정을 여러 프로그램에서 동시에 사용할 수 없습니다. 필요한 경우 새로운 설정을 생성하여 사용하십시오. 이후 프로그램마다 각각의 카메라를 연결하여 사용하십시오.



만일 아래 이미지와 같이 여러 대의 디바이스가 PC 의 하나의 이더넷 어댑터로 연결되어 있는 경우, 각각의 프로그램에서 PTP 옵션을 활성화해야 합니다. PTP(Precision Time Protocol, IEEE1588)는 이더넷 네트워크에서 여러 장치의 시계를 동기화하는 프로토콜로서, PC 의 카메라 데이터 수신 충돌을 예방합니다.



PTP 를 활성화하기 위해 다음 지침을 따르십시오. 아래 지침은 중복된 이더넷 어댑터에 연결된 카메라를 제어할 모든 프로그램에서 수행되어야 합니다.

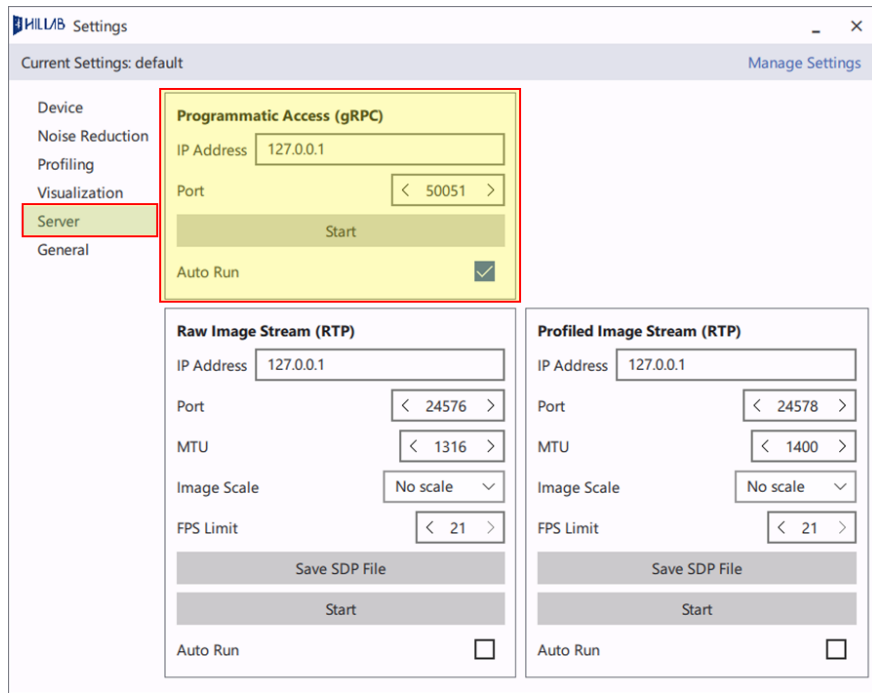
- 1) 중복된 포트에 연결된 카메라를 제어할 프로그램에서 Devices 메뉴의 Enable PTP 를 클릭하여 PTP 를 활성화하십시오.
- 2) 모든 프로그램에 카메라가 연결되어 있는지 확인하십시오.
- 3) 각 프로그램의 카메라 스트리밍을 시작하십시오. 카메라의 PTP 내부 설정이 완료되지 않을 경우, 아직 스트리밍을 시작할 수 없다는 메시지가 출력됩니다. 이 경우 몇 초 뒤 다시 시도하십시오.

카메라의 PTP 내부 설정이 완료될 경우, 카메라의 FPS 가 특정 값 이상으로 설정되지 않을 수 있으며 이는 카메라의 PTP 사용을 중지해도 지속됩니다. 이는 자연스러운 현상이며, 카메라를 재시작(프로그램과의 재연결이 아님)하면 원래 FPS 최대값을 이용할 수 있습니다. 이더넷 케이블을 건드리지 않은 채 카메라를 다시 시작하기 위해서는 Devices 메뉴에서 Restart Connected Camera 를 클릭하십시오.

9.4. 프로그램 외부 제어

외부 제어 (Programmatic Access)란 앱의 기능을 RPC(Remote Procedure Call) 통신으로 앱 외부에서 조작하는 것을 의미합니다. 외부 제어 기능을 이용하기 위해 사용자는 Google 의 gRPC 프레임워크를 사용해야 합니다. gRPC 는 RPC 통신을 위한 서버-클라이언트 인터페이스를 제공하는 프레임워크로서, 본 앱의 외부 제어 서버를 활성화하면 앱 내부의 gRPC 서버가 실행됩니다. 사용자는 직접 개발한 프로그램으로 이 서버와 통신함으로써 본 앱의 기능을 제어할 수 있습니다.

Server 설정 창의 Programmatic Access (gRPC) 항목에서 gRPC 서버의 IP 및 포트 번호를 변경할 수 있습니다. Start 버튼을 클릭하면 서버가 실행되며, Auto Run 체크시 프로그램이 실행되면 gRPC 서버도 자동으로 실행됩니다.



gRPC 의 서버와 클라이언트 인터페이스는 Google 의 Protocol Buffers 3 데이터 포맷으로 표현됩니다. 이 인터페이스를 통해 클라이언트가 서버의 서비스(Service)를 호출하면, 서버는 해당 서비스의 호출 결과를 응답으로 전송합니다.

본 앱의 외부 제어를 위한 사용자 클라이언트 프로그램 개발의 준비는 다음의 세 단계로 요약됩니다.

- 1) 개발하고자 하는 프로그래밍 언어에 알맞은 방식으로 gRPC 프레임워크를 개발 PC 에 설치합니다.
- 2) 자사에서 제공하는 Protocol Buffers 인터페이스 파일을 개발 프로그래밍 언어의 코드로 변환합니다.
- 3) 개발 단계에서 변환된 인터페이스 파일을 사용하여 본 앱을 제어하는 코드를 작성합니다.

본 앱과 함께 제공되는 api 폴더에서 본 앱을 제어하기 위한 Protocol Buffers 인터페이스 파일(hillab_beam_profiler.proto)을 확인할 수 있습니다.

이용 가능한 서비스와 응답 목록은 인터페이스 파일의 주석 혹은 docs 폴더의 문서를 참고하십시오. 또한 cpp 폴더에서 이미 C++ 언어로 변환된 인터페이스 파일과, client_example 에서 Visual Studio C++ 환경의 예제 프로젝트를 확인하십시오. 이 예제 프로그램은 빌드된 파일까지 함께 제공됩니다(client_example\cpp\x64\Release\ClientExample.exe).

아래 gRPC 공식 사이트에서 지원하는 프로그래밍 언어의 목록과 튜토리얼 등을 참고하십시오.

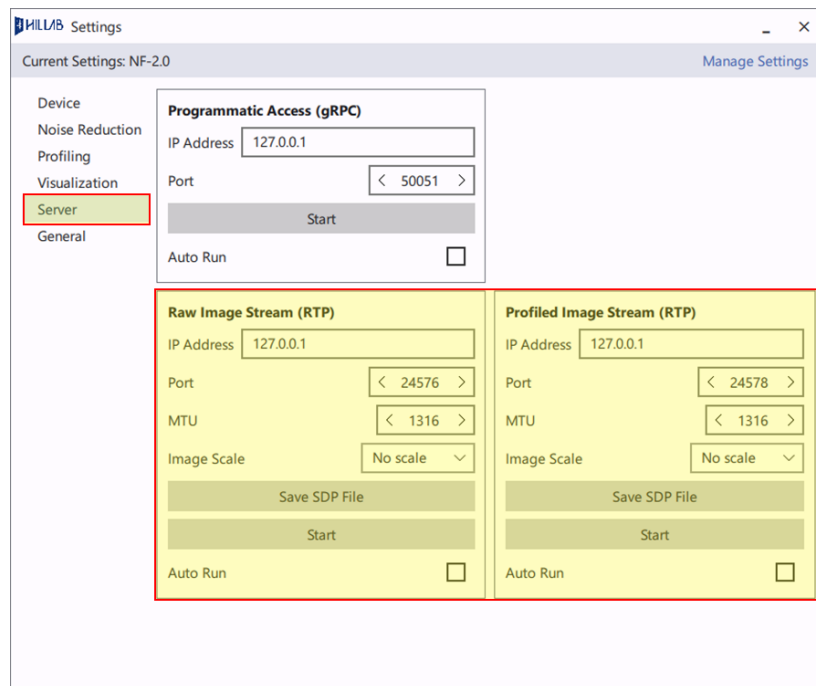
<https://grpc.io/>

9.5. 이미지 네트워크 전송

빔의 원본 이미지와 노이즈 제거 및 컬러맵이 적용된 이미지를 외부로 스트리밍 할 수 있습니다. 송출 사양은 아래와 같습니다.

압축 방식	H.264 인코딩
전송 프로토콜	RTP over UDP
지원 해상도	최대: 이미지 해상도 (사용자 지정 다운스케일링 적용 가능)
프레임레이트	외부 송출 시작 시점의 카메라 FPS
비트레이트	2000

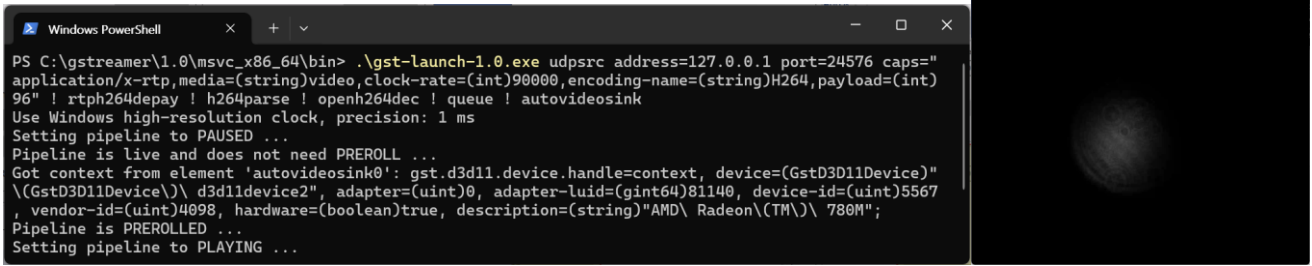
Server 설정 창의 Raw Image Stream (RTP) 및 Profiled Image Stream (RTP) 항목에서 이미지 송출을 설정하고 시작할 수 있습니다. 카메라가 스트리밍 중인 상태에서 Start 버튼을 클릭하면 송출이 시작되며, Auto Run 체크 시 카메라 스트리밍이 시작되면 이미지 송출도 자동으로 시작됩니다. 카메라 스트리밍이 종료되면 이미지 송출도 자동으로 종료됩니다.



다음은 GStreamer 를 통해 로컬 네트워크에서 이미지를 수신하는 방법입니다. gst-launch-1.0.exe 를 아래 인자와 함께 실행하여 스트림을 수신하는 파이프라인을 실행합니다.

```
udpsrc address=<ip_address> port=<port> caps="application/x-rtp, media=(string)video, clock-rate=(int)90000, encoding-name=(string)H264, payload=(int)96" ! rtpH264depay ! h264parse ! openh264dec ! queue ! autovideosink
```

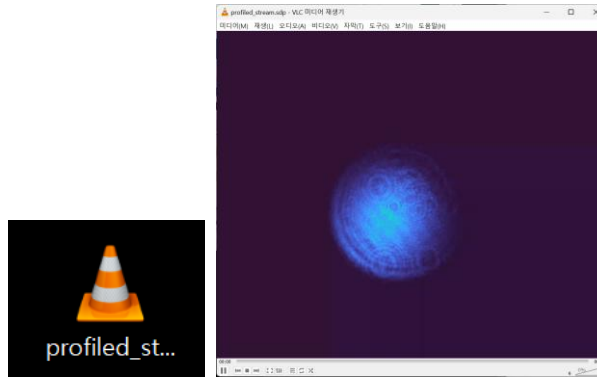
참고 GStreamer 설치 시 openh264 코덱을 포함한 적절한 플러그인이 설치옵션에 포함되어야 합니다. 설치 옵션에서 "Complete" 을 선택하십시오.



```

PS C:\gstreamer\1.0\msvc_x86_64\bin> .\gst-launch-1.0.exe udpsrc address=127.0.0.1 port=24576 caps="
application/x-rtp,media=(string)video,clock-rate=(int)90000,encoding-name=(string)H264,payload=(int)
96" ! rtp264depay ! h264parse ! openh264dec ! queue ! autovideosink
Use Windows high-resolution clock, precision: 1 ms
Setting pipeline to PAUSED ...
Pipeline is live and does not need PREROLL ...
Got context from element 'autovideosink0': gst.d3d11.device.handle=context, device=(GstD3D11Device)"
\ (GstD3D11Device)\ d3d11device2", adapter=(uint)0, adapter-luid=(gint64)81140, device-id=(uint)5567
, vendor-id=(uint)4098, hardware=(boolean>true, description=(string)"AMD\ Radeon(TM)\ 780M";
Pipeline is PREROLLED ...
Setting pipeline to PLAYING ...
  
```

다음은 VLC 를 통해 로컬 네트워크에서 이미지를 수신하는 방법입니다. Server 설정 창에서 Save SDP File 버튼을 클릭하여 스트림을 받아올 이미지의 sdp 파일을 다운로드하여 VLC media player 로 실행하십시오.



참고 VLC 3.0 이후의 버전에서는 MTU 가 최대 1316, 포트 번호가 짝수여야 합니다.

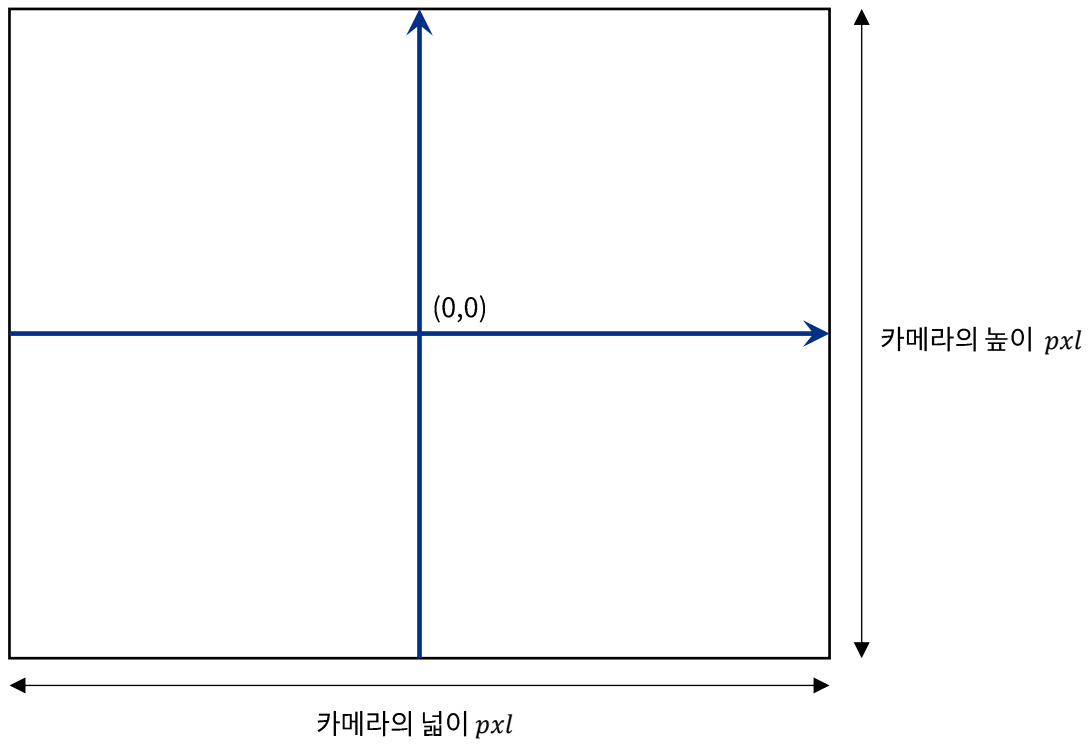
10. 참고자료

10.1. GPIO 핀 맵



핀 번호	핀 설명	비고
1	V _{AUX} (12-24V DC Power Input)	
2	GPIO channel (Reserved)	
3	V _{DD} GPIO (2.5V Power Output)	Device 옵션의 2.5V Voltage Output 활성화 시 작동
4	GPIO channel (Reserved)	
5	GND (Camera GND)	
6	OPTO GND (Opto-isolated Reference)	
7	OPTO OUT (Opto-isolated Output)	Device 옵션의 Strobe Output 활성화 시 작동
8	OPTO IN (Opto-isolated Input)	Device 옵션의 External Trigger 활성화 시 작동








10.2. 이미지 좌표계



10.3. 프로파일링 데이터

데이터	설명
Clip-level	빔 이미지 프로파일 계산시 센서 신호의 최소를 제한하는 사용자 정의 임계값입니다. 이 값은 빔 이미지에 영향을 미치지 않으며, 다음 값에 영향을 미칩니다: Clip-level irradiation area, Clip-level average power density, Flatness, Uniformity
Centroid (First order moments)	전체 센서의 중심을 기준으로 한 데카르트 좌표의 빔 중심 위치입니다. 빔 중심은 빔 강도의 질량중심입니다. 이 값은 빔의 이미지에서 빨강색 십자점선으로 시각화 되어 있습니다.
Target Position	사용자가 정의한 목표 위치입니다.
Error (Centroid Error)	Target Position 과 Centroid 사이의 거리입니다.
Diameter	2 차 모멘트를 기반으로 한 원형 출력 밀도 분포의 정도입니다.
D4σ (Beam widths)	빔의 직경을 빔 중심에 대한 강도 밀도 분포의 2 차 모멘트의 제곱근의 4 배로 정의하여 도출된 값입니다. Major-axis 와 minor-axis 는 각각 빔의 긴 직경과 짧은 직경을 의미합니다.
FWHM (Full-width half-maximum)	빔의 직경을 강도 밀도 분포에 대한 전체 폭의 절반 최대 길이로 정의하여 도출된 값입니다. Major-axis 와 minor-axis 는 각각 빔의 긴 직경과 짧은 직경을 의미합니다.
1/e ²	빔의 직경을 강도 밀도 분포에 대한 전체 폭의 13.5%로 정의하여 도출된 값입니다. Major-axis 와 minor-axis 는 각각 빔의 긴 직경과 짧은 직경을 의미합니다.
Ellipse	센서의 x 축과 x 축에 가까운 빔 직경 사이의 각도입니다. 빔의 직경은 D4Sig 입니다.
Ellipticity	빔의 가장 짧은 직경과 가장 긴 직경 사이의 비율입니다. 빔의 직경은 D4Sig 입니다.
Eccentricity	(1 - Ellipticity * Ellipticity)의 제곱근을 의미합니다.
Power	센서가 감지한 모든 강도의 합계입니다. 각 강도는 0-1 로 정규화됩니다.
Maximum Power Density	감지된 최대 강도의 13.5% 이상의 강도 중 가장 많이 발생한 강도입니다.
Clip-level Irradiation Area	Clip-level 이상의 강도가 감지된 픽셀 수 입니다.
Clip-level Average Power Density	Clip-level 이상의 강도가 감지된 영역의 평균 강도입니다.
Flatness	Clip-level Average Power Density 를 Peak 로 나눈 값입니다.
Uniformity	Clip-level Average Power Density 와 실제 강도에 대한 평균 제곱근 편차(RMSD) 를 Clip-level Average Power Density 로 나눈 값입니다.
Plateau Uniformity	FWHM 과 Maximum Power Density 의 비율입니다.
Cross-sectional Area	$\pi/4$ 와 빔의 가장 긴 직경과 빔의 가장 짧은 직경을 곱한 값입니다. 빔의 직경은 D4Sig 입니다.
Peak	감지된 최대 강도입니다.
Peak Count	감지된 최대 강도 픽셀의 수 입니다.
Peak Position	감지된 최대 강도의 위치입니다. 만일 Peak Count 가 2 이상이라면, 최대 강도 픽셀 중 Centroid 와 가장 가까운 픽셀이 Peak Position 으로 정의됩니다.
Peak Error	Target Position 과 Peak Position 사이의 거리입니다.
Edge Steepness	Clip-level 이 0.1 과 0.9 로 설정된 Clip-level Irradiation Area 의 차이를 Clip-level 이 0.1 인 Clip-level Irradiation Area 로 나눈 값입니다.

10.4. 지원 컬러맵

Jet	
Turbo	
Rainbow-Short	
Rainbow-Long	
Thermal	
Cool-Warm	
Viridis	

전화: 054-261-2901

팩스: 054-261-2902

official@hillab.co.kr

포항지식산업센터 603 호

경북 포항시 북구 융합기술로 66

대한민국

www.hillab.co.kr

HILLAB