



레이저 빔 프로파일러 소프트웨어

Laser Beam Profiler Software

사용자 매뉴얼

User Manual

Target version – v4.1.0

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..... | 4 |
| 2. 하드웨어 및 시스템 요구 사항 | 5 |
| 3. 설치 및 설정..... | 6 |
| 3.1. 이더넷 설정 | 6 |
| 3.2. 드라이버 설치 | 7 |
| 4. 빠른 시작 가이드 | 8 |
| 4.1. 프로그램 실행 준비 | 8 |
| 4.2. 디바이스 연결 | 8 |
| 4.3. 트리거 설정 | 9 |
| 4.4. 스트리밍 시작 | 9 |
| 4.5. 밝기 조절..... | 10 |
| 4.6. 기본 인터페이스 | 11 |
| 5. 프로파일링 및 분석 | 12 |
| 5.1. 목표 위치 및 오차..... | 12 |
| 5.2. 노이즈 제거 | 13 |
| 5.3. 프로파일링 | 14 |
| 5.4. 누적 프로파일 조회, 저장, 불러오기 | 15 |
| 6. 데이터 뷰어 | 17 |
| 6.1. 빔 이미지 (Image)..... | 17 |
| 6.2. 빔 위치 그래프 (Position Plot)..... | 19 |
| 6.3. 빔 오차 그래프 (Error Plot) | 20 |
| 6.4. 데이터 시트 (Data Sheet)..... | 21 |
| 6.5. 데이터 그래프 (Data Plot)..... | 22 |
| 6.6. 데이터 뷰어 레이아웃 커스터마이징..... | 23 |
| 7. 프로그램 설정 관리 | 24 |
| 8. 고급 사용자 가이드 | 25 |

| | | |
|-----------|---------------------|-----------|
| 8.1. | 여러 대의 디바이스 연결 | 25 |
| 8.2. | 프로그램 외부 제어 | 27 |
| 8.3. | 이미지 네트워크 전송 | 28 |
| 9. | 참고자료 | 30 |
| 9.1. | 이미지 좌표계 | 30 |
| 9.2. | 프로파일링 데이터 | 31 |
| 9.3. | 지원 컬러맵 | 32 |

1. 개요

힐랩 주식회사의 빔 프로파일러 소프트웨어는 레이저 빔의 품질과 특성을 분석하기 위해 설계된 Windows 기반 프로그램입니다. 이 소프트웨어는 힐랩 주식회사의 빔 프로파일러 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. 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 | 4GB | 8GB |
| LAN | 최대 1000 Mbps 속도 지원 | |
| 운영체제 및 아키텍처 | Windows x64-bit 11, 10, 8.1, 7 | |
| 여유 저장 공간 | 2GB 이상의 C 드라이브 | |

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

3. 설치 및 설정

3.1. 이더넷 설정

본 프로그램을 원활하게 사용하기 위해서는 아래 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)

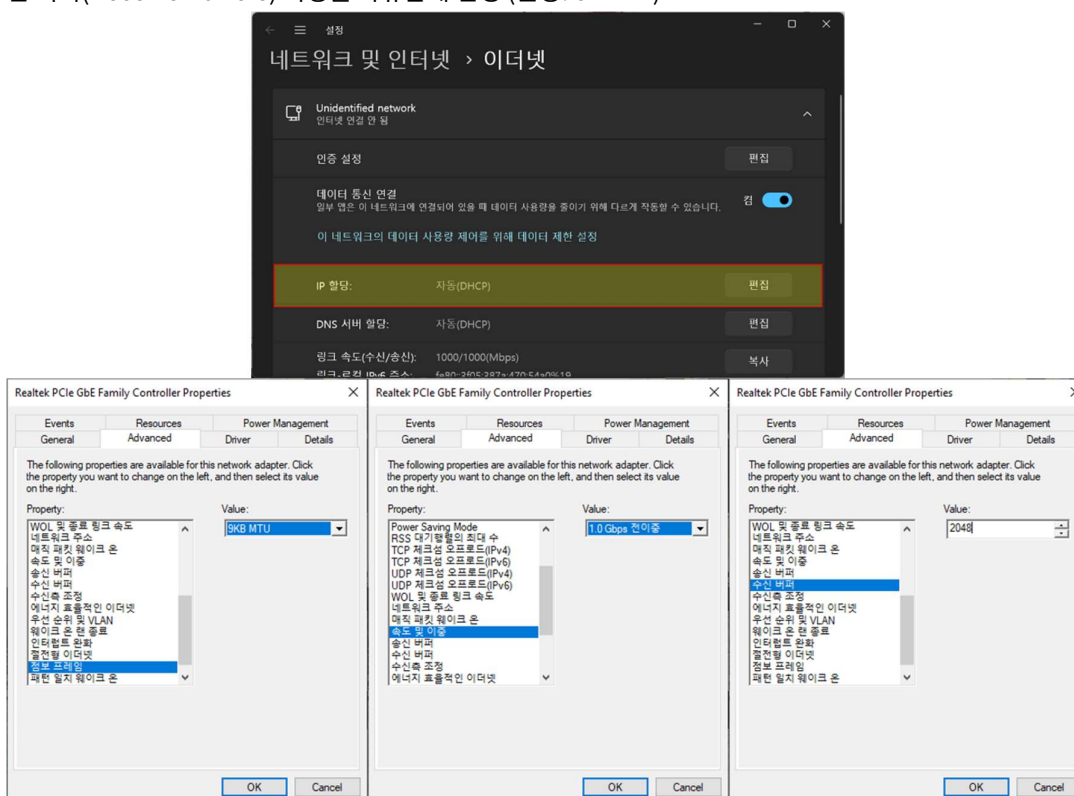
점보 프레임은 1500 byte 이상의 패킷 사이즈를 의미합니다. 패킷 사이즈가 클수록 카메라의 대역폭 최적화를 기대할 수 있으며 PC의 CPU 부하를 줄일 수 있습니다. 대부분의 이더넷 어댑터는 점보 프레임을 지원하지만 일반적으로 비활성화 되어있습니다.

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.

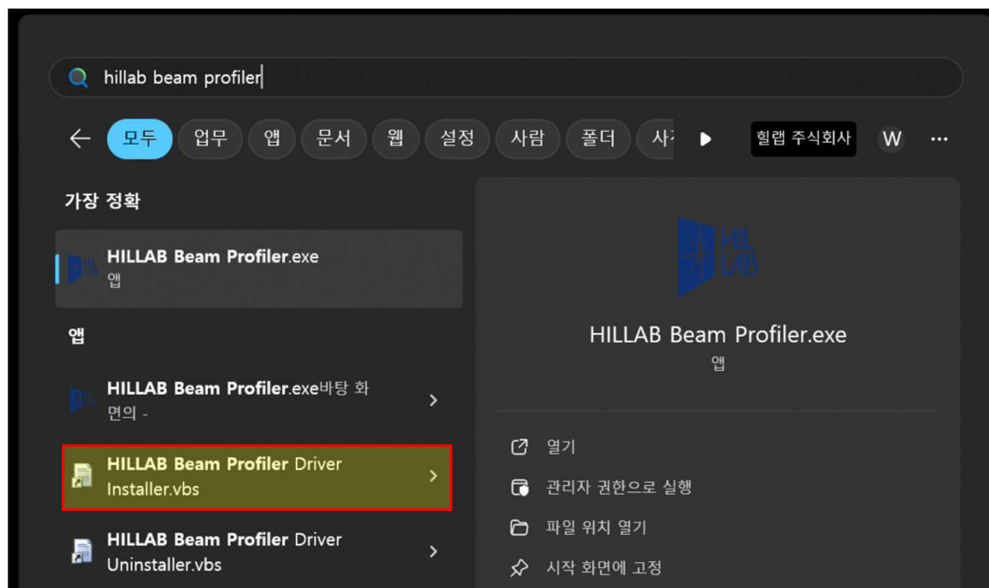
위 설정을 하기 위해 프로그램을 구동할 호스트 PC에서 다음 지침을 따르십시오.

- 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)

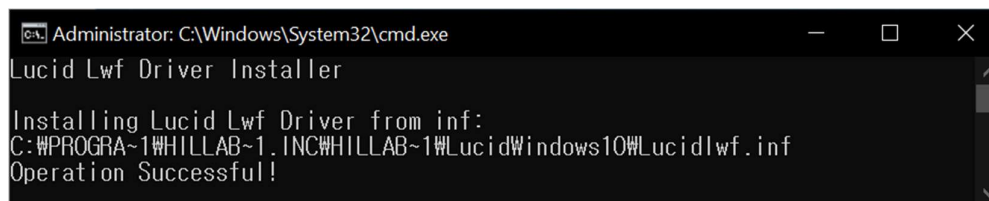


3.2. 드라이버 설치

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



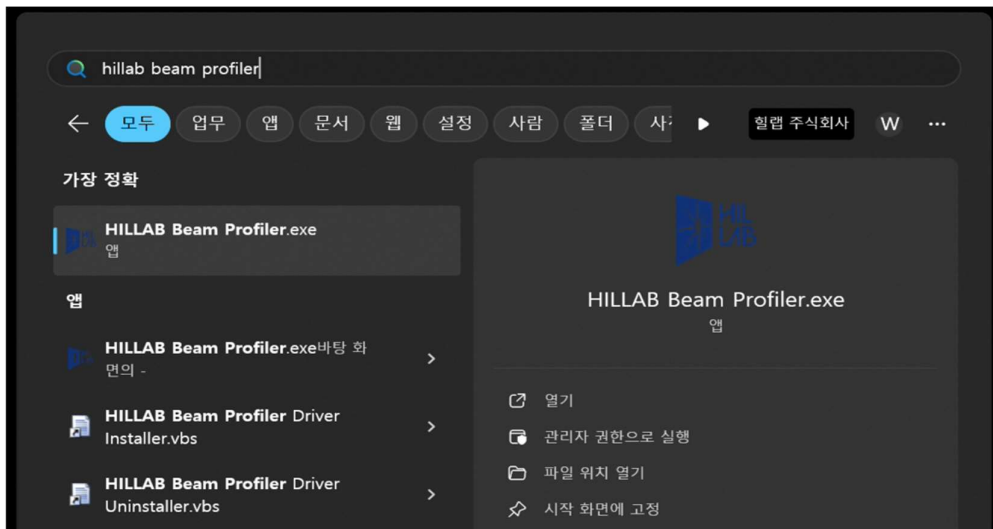
아래와 같이 성공했다는 메시지가 콘솔 창에 표시되면 설치가 완료된 것입니다.



4. 빠른 시작 가이드

4.1. 프로그램 실행 준비

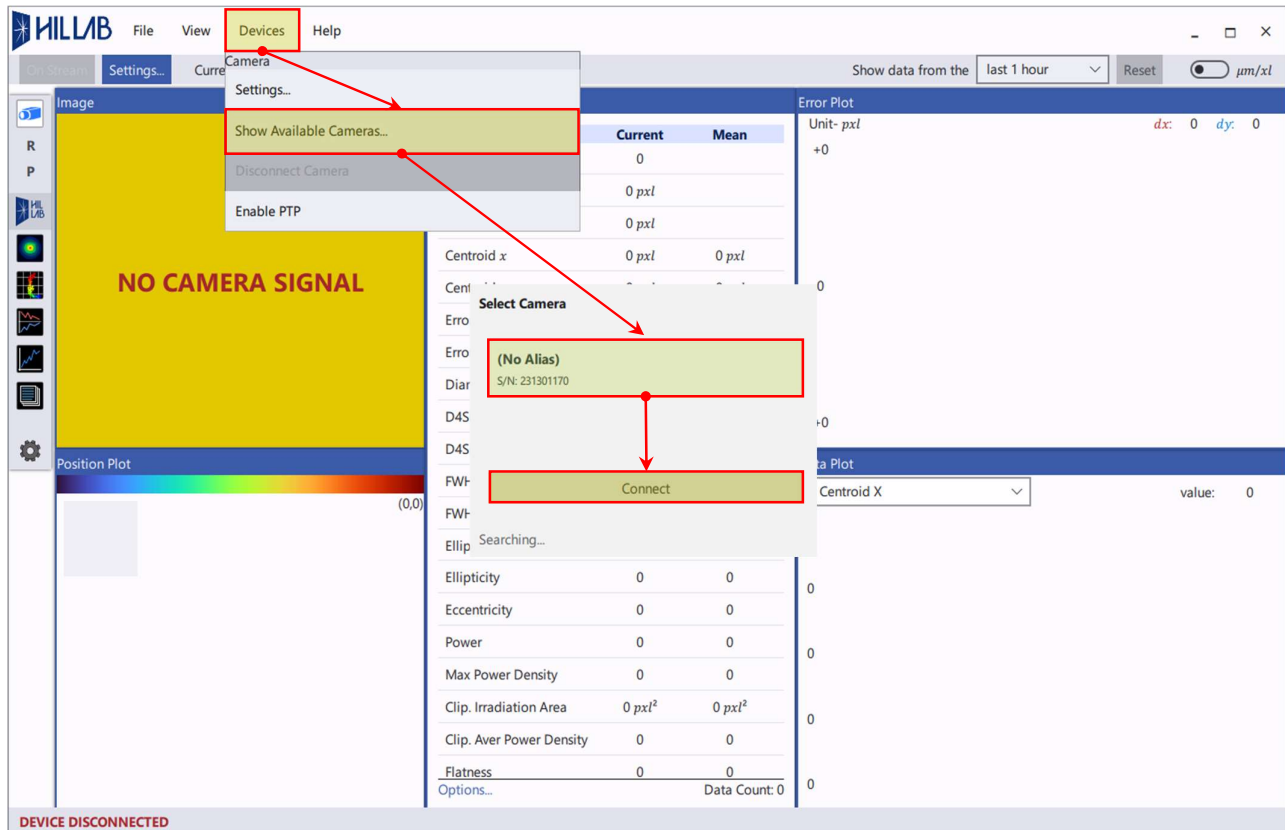
바탕화면 혹은 시작 프로그램 목록의 HILLAB Beam Profiler.exe 프로그램을 실행하십시오.



4.2. 디바이스 연결

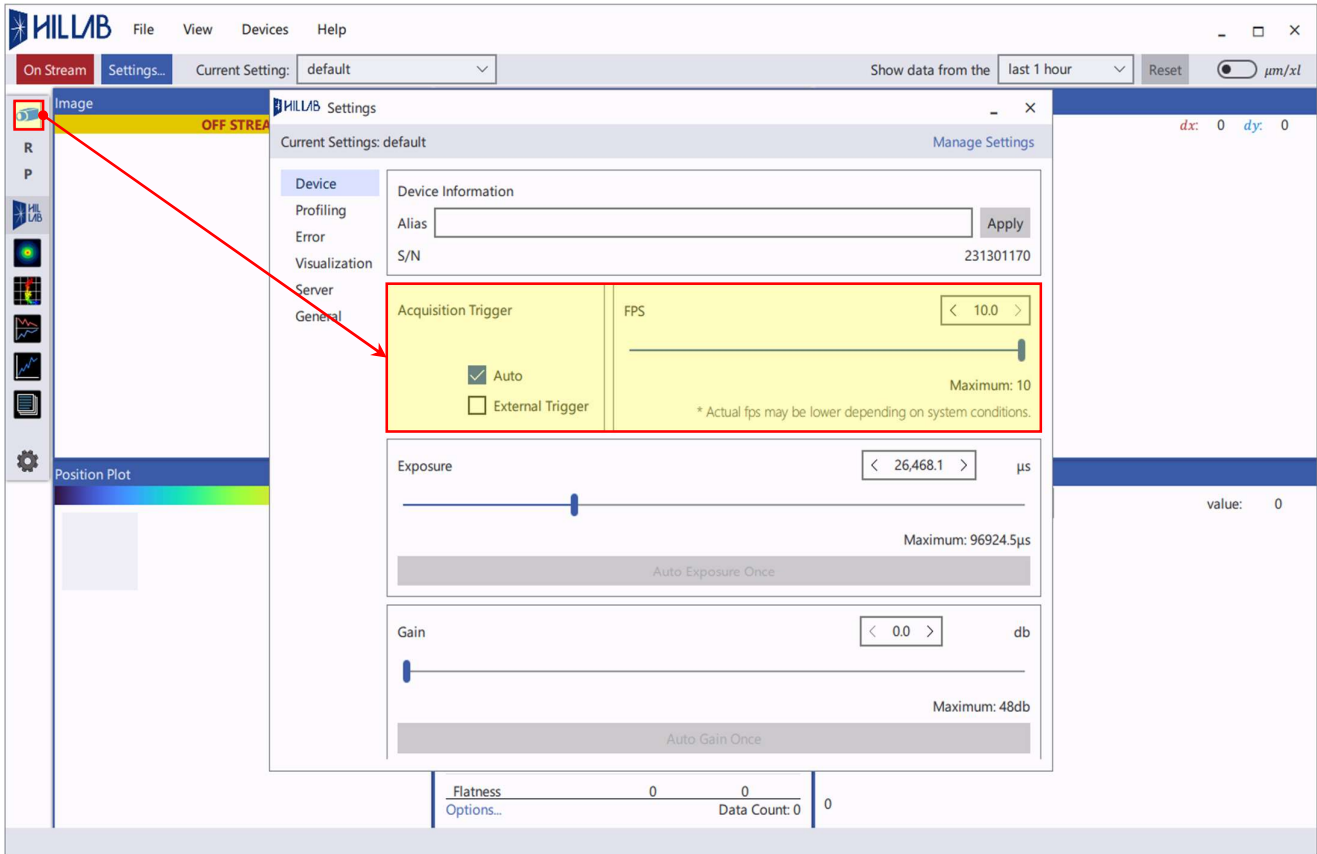
프로그램 하단 상태창에 “DEVICE DISCONNECTED” 가 출력되면 카메라가 프로그램과 연결되지 않았음을 의미합니다.

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



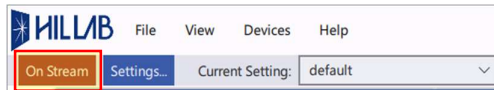
4.3. 트리거 설정

좌측의 카메라 아이콘을 클릭하여 Device 설정 창을 여십시오. 설정 창의 Acquisition Trigger 설정에서 카메라의 촬영 방식을 설정할 수 있습니다. 카메라에 펄스 트리거를 연결하였을 경우 External Trigger 를 선택하십시오. 이 경우, 카메라는 스트리밍이 시작되면 트리거가 발생할 경우 한 프레임을 촬영합니다. 펄스 트리거를 사용하지 않을 경우 Auto 를 설정하십시오. 이 경우, 카메라는 스트리밍이 시작되면 Device 설정의 Acquisition Frequency 값의 빈도로 프레임을 촬영합니다.



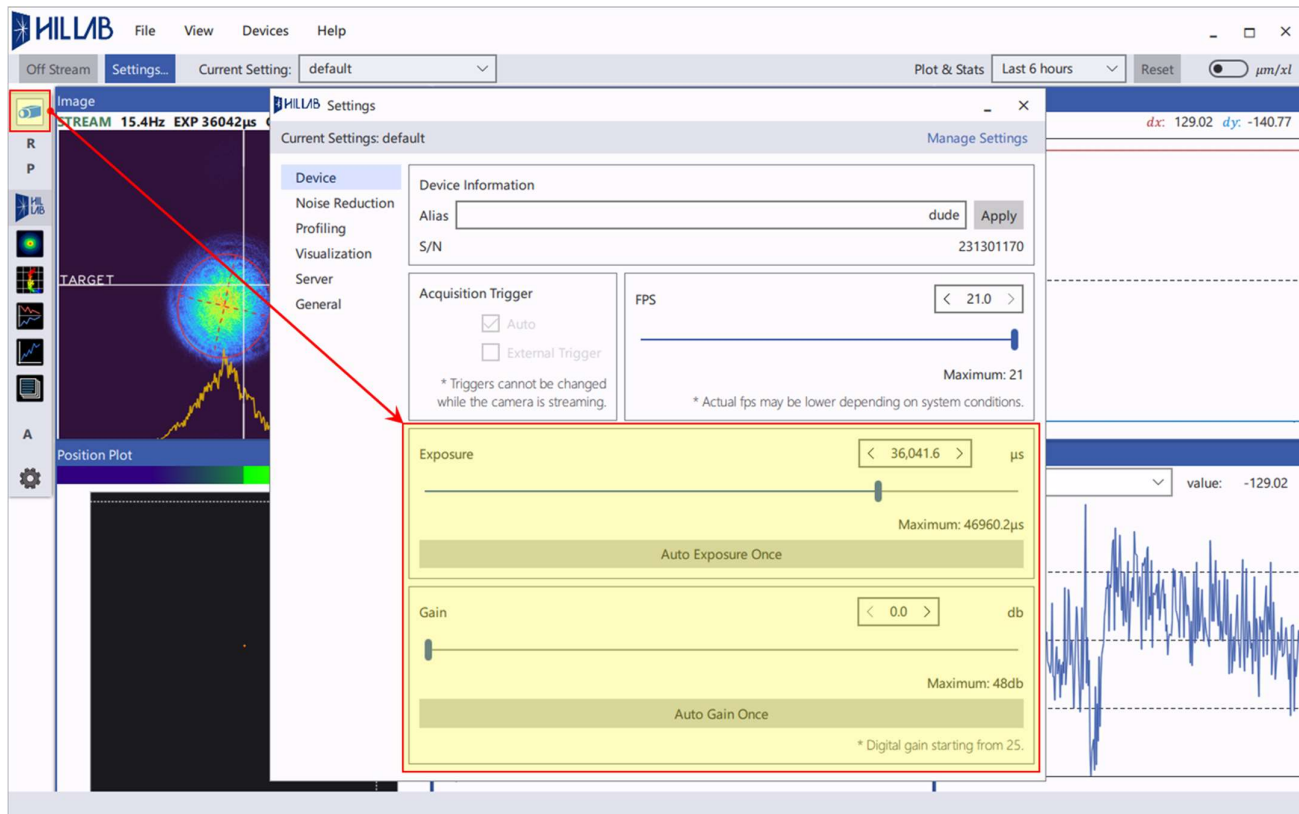
4.4. 스트리밍 시작

프로그램 상단의 On Stream 버튼을 클릭하여 카메라의 스트리밍을 시작하십시오.

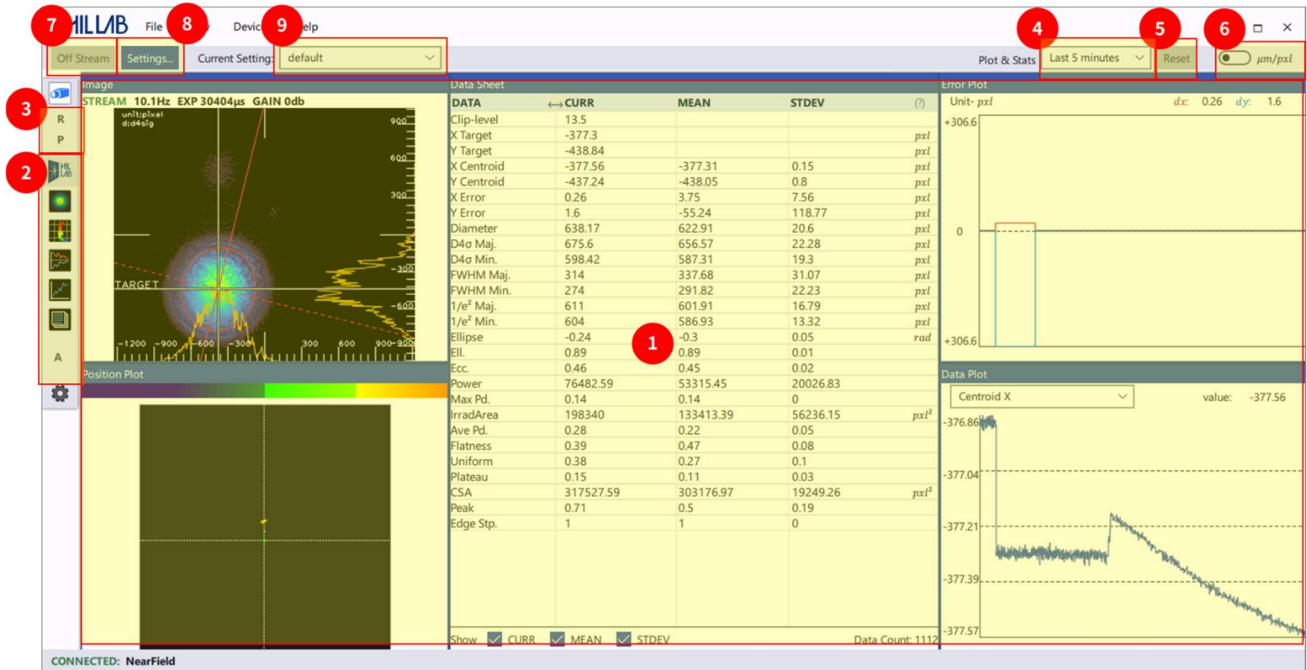


4.5. 밝기 조절

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.



4.6. 기본 인터페이스

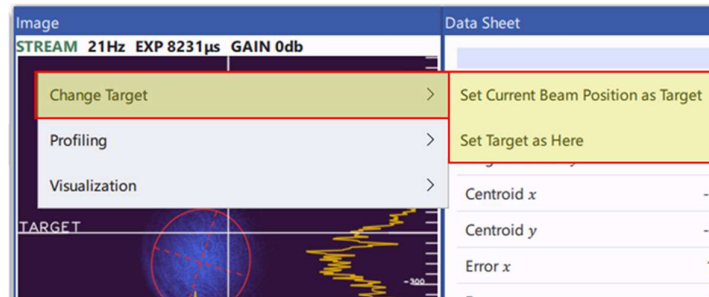


- ① 프로파일 모니터링을 제공하는 메인 화면입니다.
빔 이미지 및 그래프는 마우스 클릭, 드래그, 휠 조작을 통해 팬 및 줌 기능을 제공합니다.
- ② 메인 화면의 레이아웃을 변경합니다.
하단의 톱니바퀴 버튼을 클릭하여 사용자가 직접 레이아웃을 커스텀 할 수 있습니다.
- ③ 빔 이미지를 캡처하여 파일로 저장합니다.
- ④ 프로파일 데이터를 누적할 최대 시간을 설정합니다.
- ⑤ 누적된 프로파일 데이터를 초기화합니다.
- ⑥ 프로파일 데이터의 단위를 픽셀에서 마이크로미터 단위로 변경합니다.
- ⑦ 카메라의 스트리밍을 시작/종료합니다.
- 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.

5. 프로파일링 및 분석

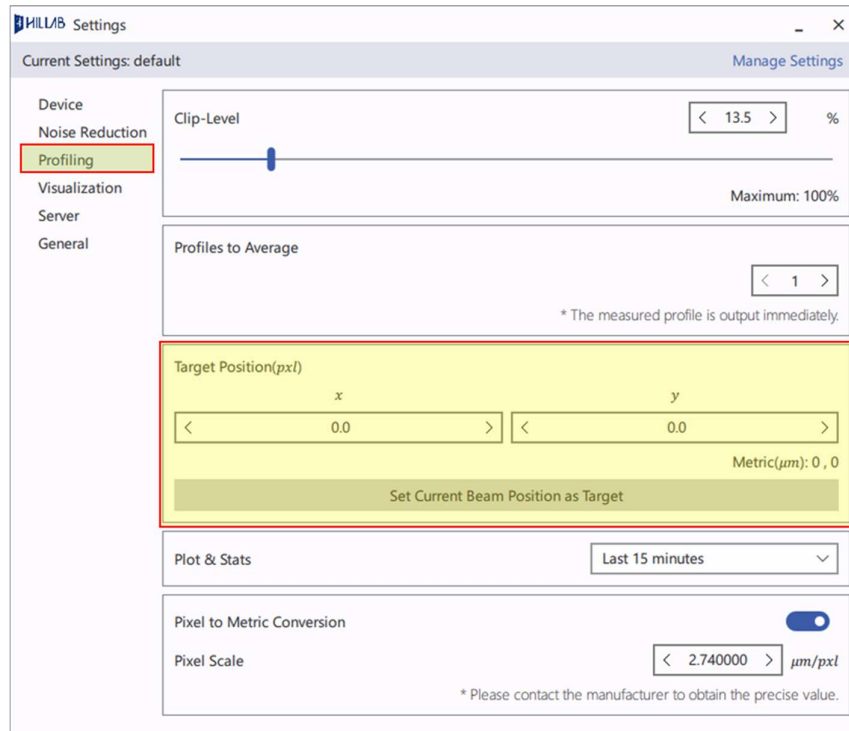
5.1. 목표 위치 및 오차

빔 프로파일 데이터에는 빔의 x 축과 y 축에 대한 빔 오차(Error)가 존재합니다. 각 축의 오차는 빔의 목표위치와 실제 위치(Centroid) 사이의 거리로 정의됩니다. 빔의 목표위치는 빔 이미지에서 TARGET 표기가 되어있는 흰색 십자선으로 나타납니다. 사용자는 빔 오차 값의 변화를 통해 장기간 빔 출력에 따른 틀어짐 정도를 모니터링 할 수 있습니다. 메인 화면의 Error Plot 이 빔 오차의 누적 변화 그래프를 나타냅니다. 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 위치로 변경합니다. |
| Set Target as Here | 목표위치를 마우스 우클릭한 위치로 변경합니다. |

혹은 Profiling 설정 창에서 목표위치를 픽셀 단위로 변경할 수 있습니다.



5.2. 노이즈 제거

빔 이미지는 프로파일 되기 전 노이즈 제거 단계를 거칩니다. 노이즈 제거의 단계는 다음과 같으며, 각 단계는 비활성화 할 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.

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.

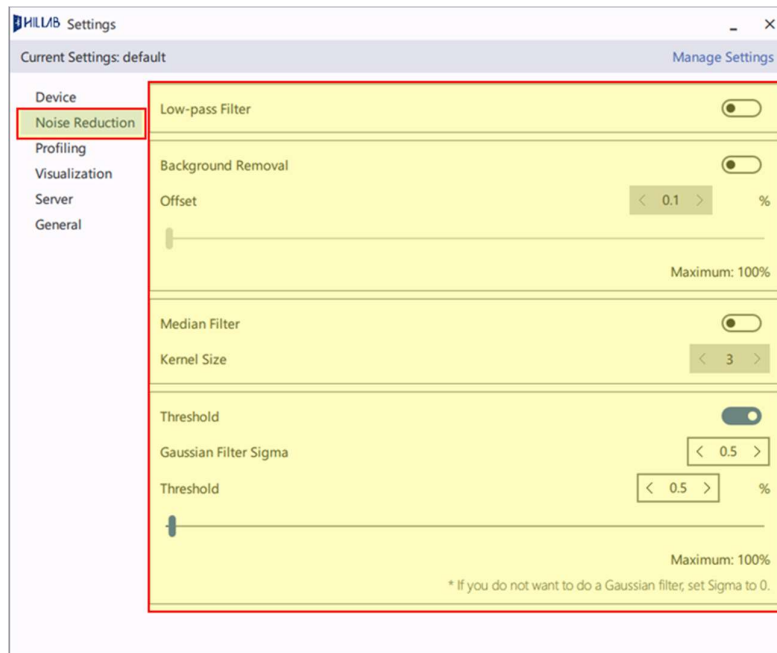
Median Filter

- 2D 중간값 필터입니다. 신호 대 잡음비(SNR)가 극도로 낮고 Speckle 노이즈가 많은 경우에 사용하십시오.

Threshold

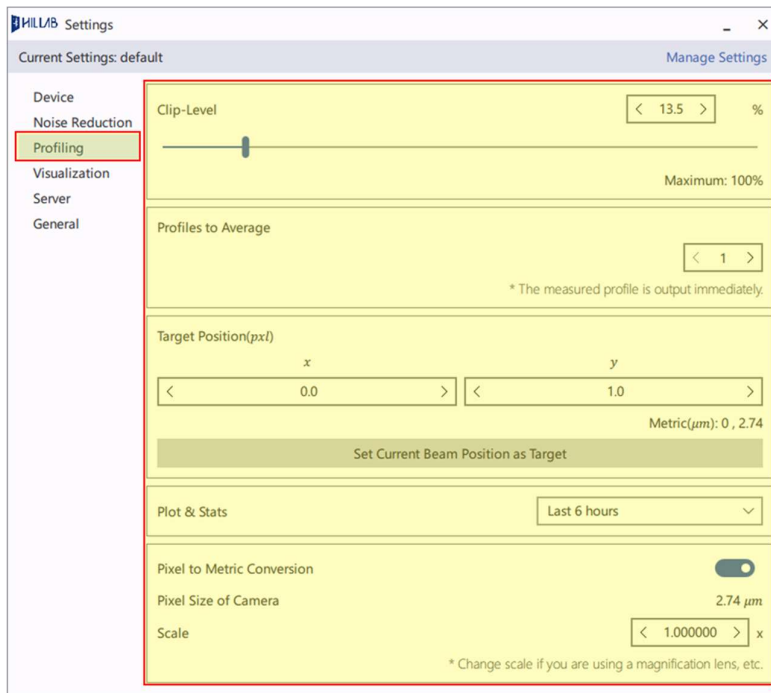
- 2D 가우시안 필터를 적용하여 평활화 한 뒤, Threshold 이하인 센서값을 0 으로 변경합니다.
- 2D 가우시안 필터를 생략하려면 시그마를 0 으로 설정하십시오.
- Threshold 를 생략하려면 값을 0 으로 설정하십시오.

Noise Reduction 설정 창에서 노이즈 제거 옵션을 변경할 수 있습니다.



5.3. 프로파일링

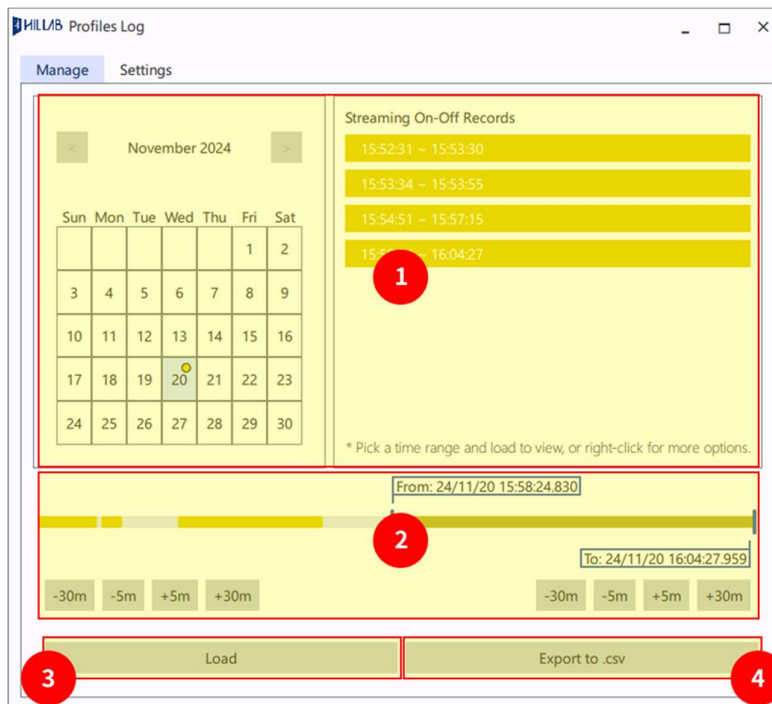
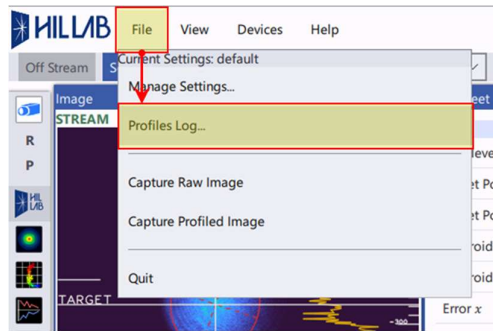
Profiling 설정 창에서 빔 프로파일링에 반영되는 설정들을 변경할 수 있습니다.



| 항목 | 설명 |
|----------------------------|----------------------------|
| Clip-Level | 빔 프로파일링 클립 레벨 |
| Profiles to Average | 평균을 위한 프로파일의 수 |
| Target Position | 오차(Error) 프로파일을 위한 목표위치 |
| Plot & Stats | 빔 프로파일 누적 시간 |
| Pixel to Metric Conversion | 빔 프로파일 단위 변경 (마이크로미터 - 픽셀) |
| Scale | 마이크로미터 단위 스케일링 |

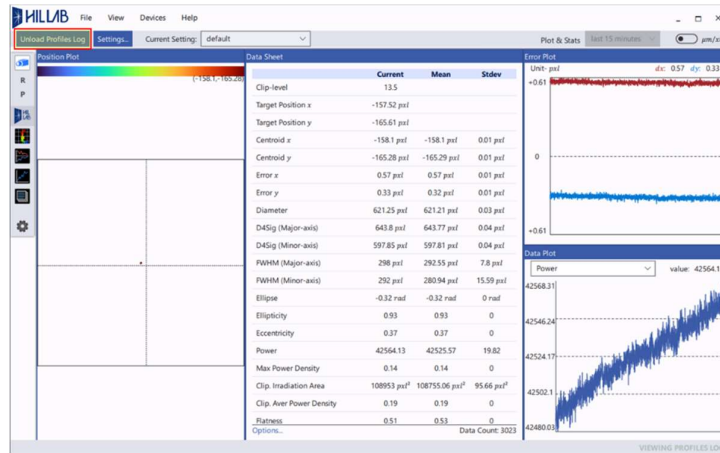
5.4. 누적 프로파일 조회, 저장, 불러오기

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.

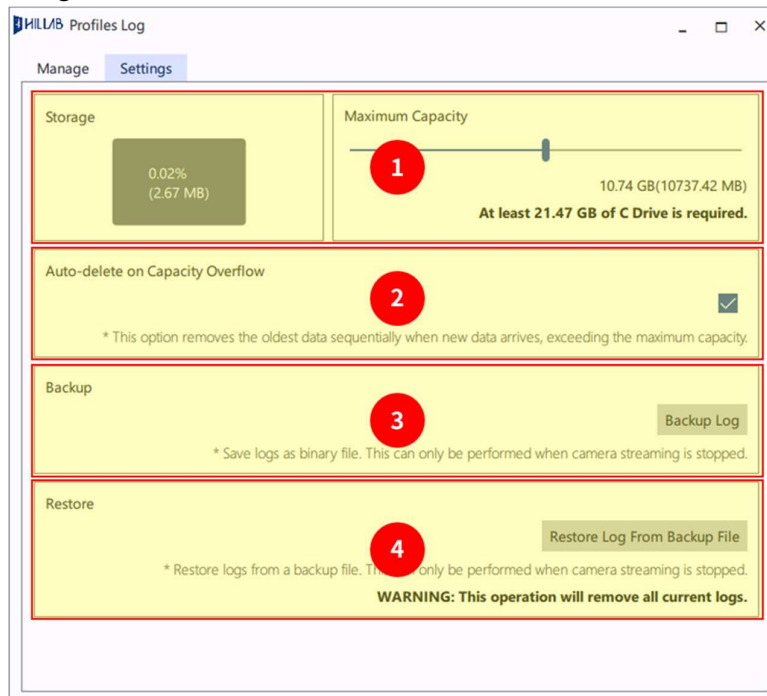


- ① 카메라의 스트리밍이 시작-종료된 시점에 기록된 데이터를 나타냅니다. 우측의 노랑색 기록 버튼을 클릭 시, (2)의 시계열 그래프의 시작-종료 구간이 해당 시점으로 변경됩니다. 혹은 우클릭하여 해당 구간의 데이터를 csv 파일로 저장하거나, 혹은 제거할 수 있습니다.
- ② 프로그램의 실행에 따른 시계열 그래프를 나타냅니다. 노랑색으로 표기된 부분은 카메라가 스트리밍 중이었던 시점을 나타냅니다. From 과 To 는 각각 현재 선택된 구간의 시작과 끝 시각을 나타냅니다. 하단의 버튼으로 구간을 늘이거나 줄일 수 있습니다.
- ③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

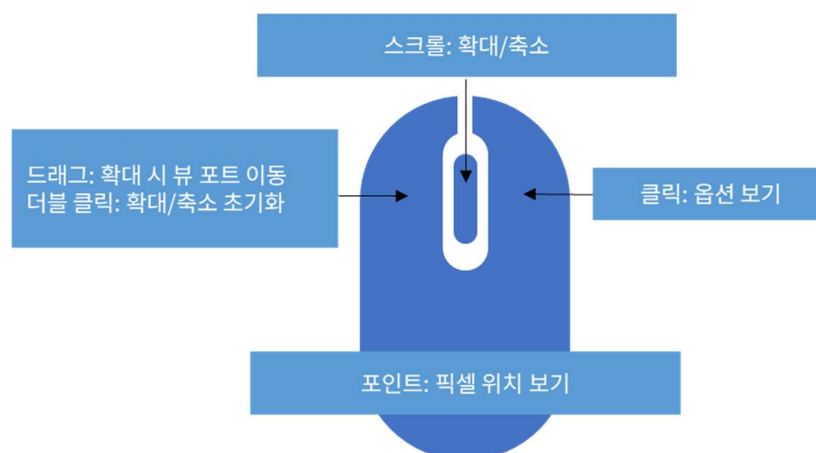
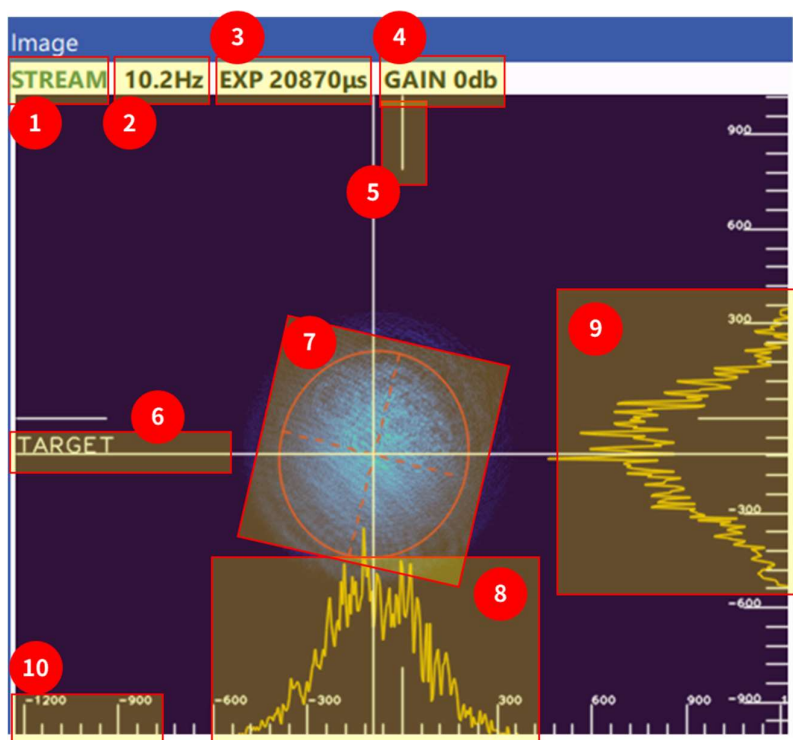
6. 데이터 뷰어

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

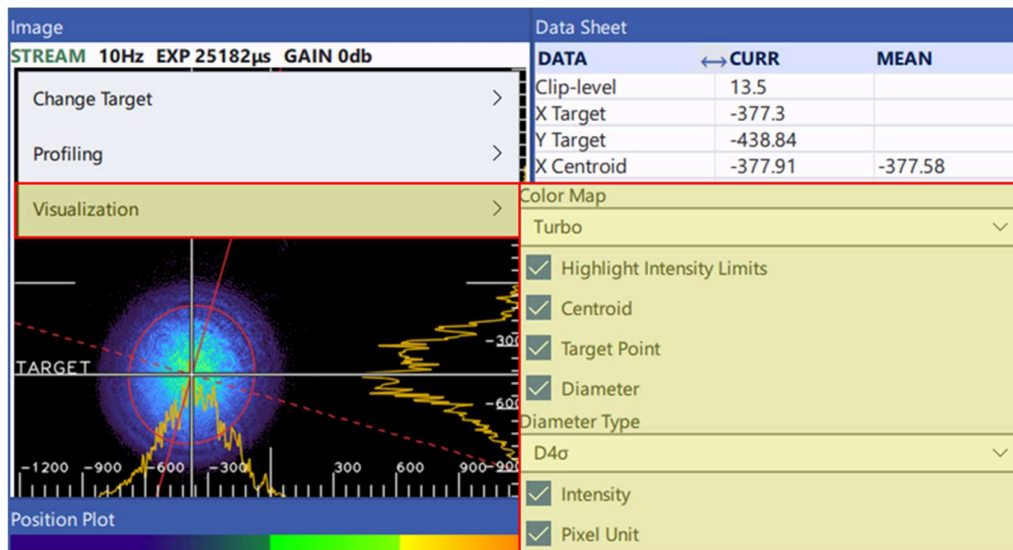
6.1. 빔 이미지 (Image)

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
- ⑦ 빔 직경(빨강 원형) 및 Major/Minor-axis 점선
- ⑧ Major-axis 강도 그래프
- ⑨ Minor-axis 강도 그래프
- ⑩ 센서 눈금



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



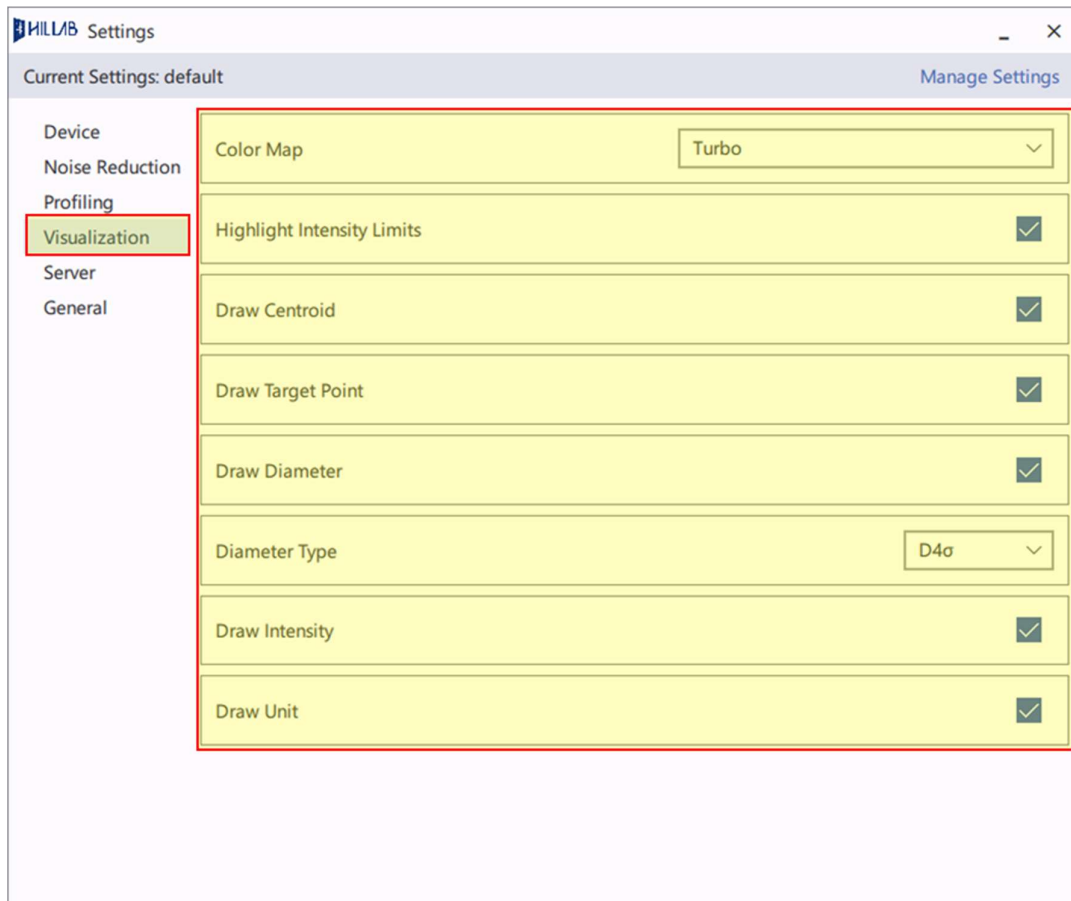
The screenshot shows the HILLAB software interface. On the left, there's a 'Position Plot' showing a beam profile with a 'TARGET' label. On the right, the 'Visualization' settings panel is open, displaying a 'Data Sheet' table and a list of visualization options.

| DATA | CURR | MEAN |
|------------|---------|---------|
| Clip-level | 13.5 | |
| X Target | -377.3 | |
| Y Target | -438.84 | |
| X Centroid | -377.91 | -377.58 |

The 'Visualization' panel includes the following options:

- Color Map: Turbo (dropdown)
- ☒ Highlight Intensity Limits
- ☒ Centroid
- ☒ Target Point
- ☒ Diameter
- Diameter Type: D4σ (dropdown)
- ☒ Intensity
- ☒ Pixel Unit

Visualization 설정 창에서도 동일한 옵션을 제공합니다.

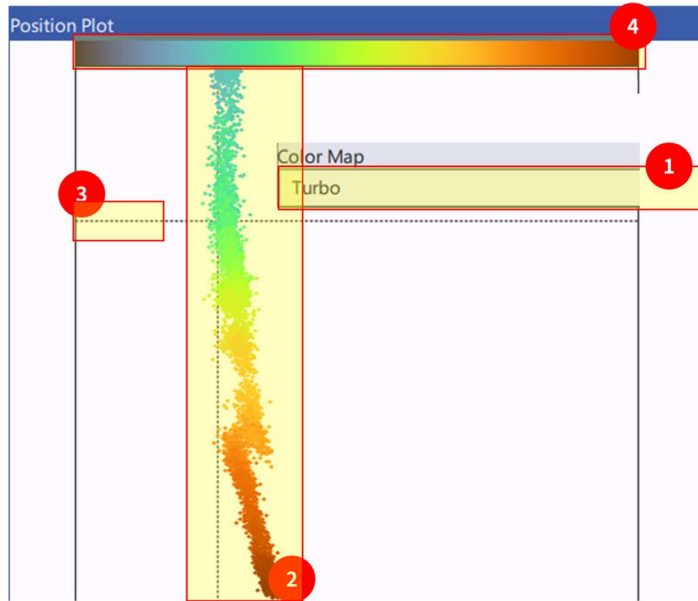


The screenshot shows the HILLAB Settings window. The 'Visualization' tab is selected, and the following settings are visible:

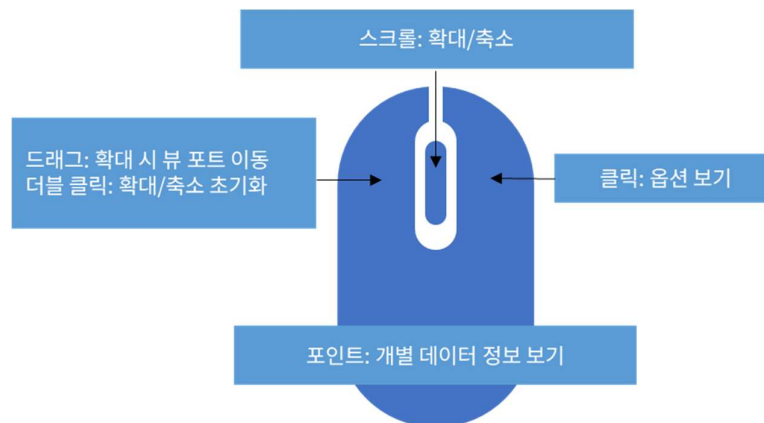
- Color Map: Turbo (dropdown)
- ☒ Highlight Intensity Limits
- ☒ Draw Centroid
- ☒ Draw Target Point
- ☒ Draw Diameter
- Diameter Type: D4σ (dropdown)
- ☒ Draw Intensity
- ☒ Draw Unit

6.2. 빔 위치 그래프 (Position Plot)

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



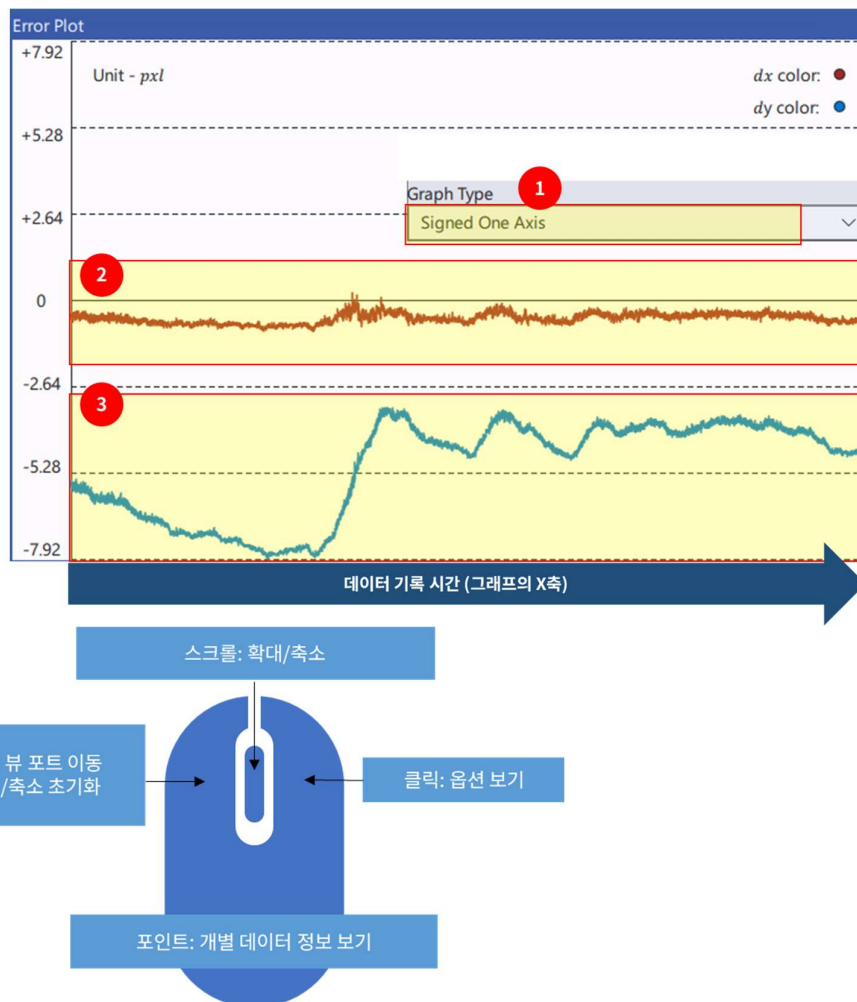
- ① 마우스 우클릭하여 컬러맵 변경
- ② 빔의 기록 시간의 순서를 컬러맵으로 표현
- ③ 목표 위치를 나타내는 점선 십자선
- ④ 적용된 컬러맵



6.3. 빔 오차 그래프 (Error Plot)

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

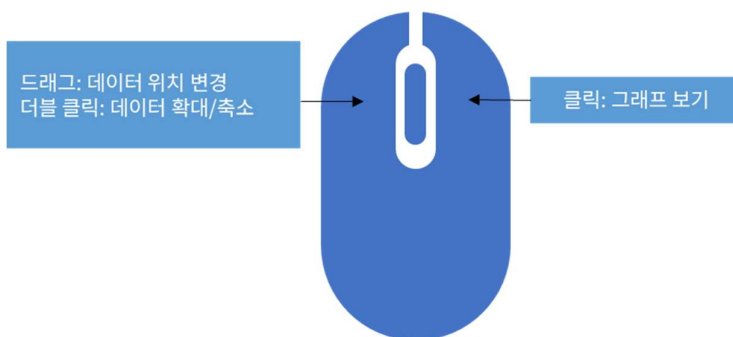
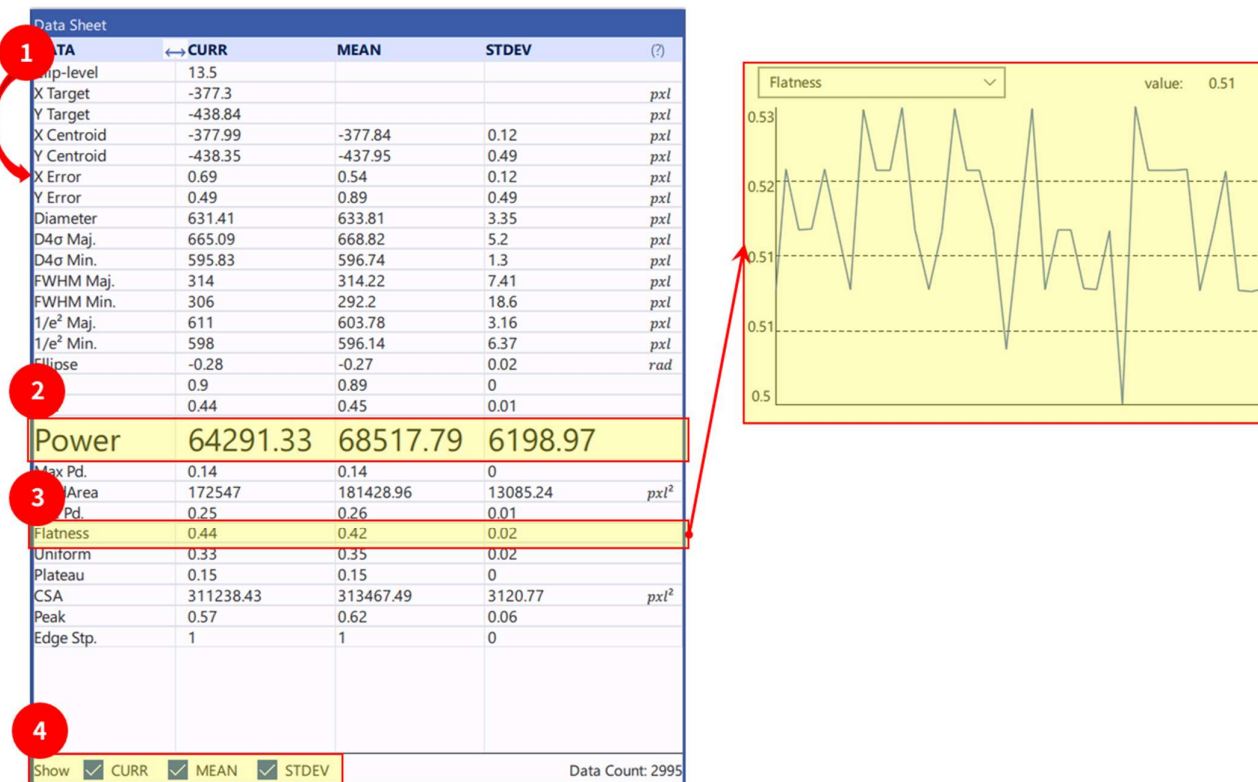
- ① 마우스 우클릭하여 그래프 정책 변경
- ② 빨강 데이터: 빔의 X 축 오차
- ③ 파랑 데이터: 빔의 Y 축 오차



| 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. |

6.4. 데이터 시트 (Data Sheet)

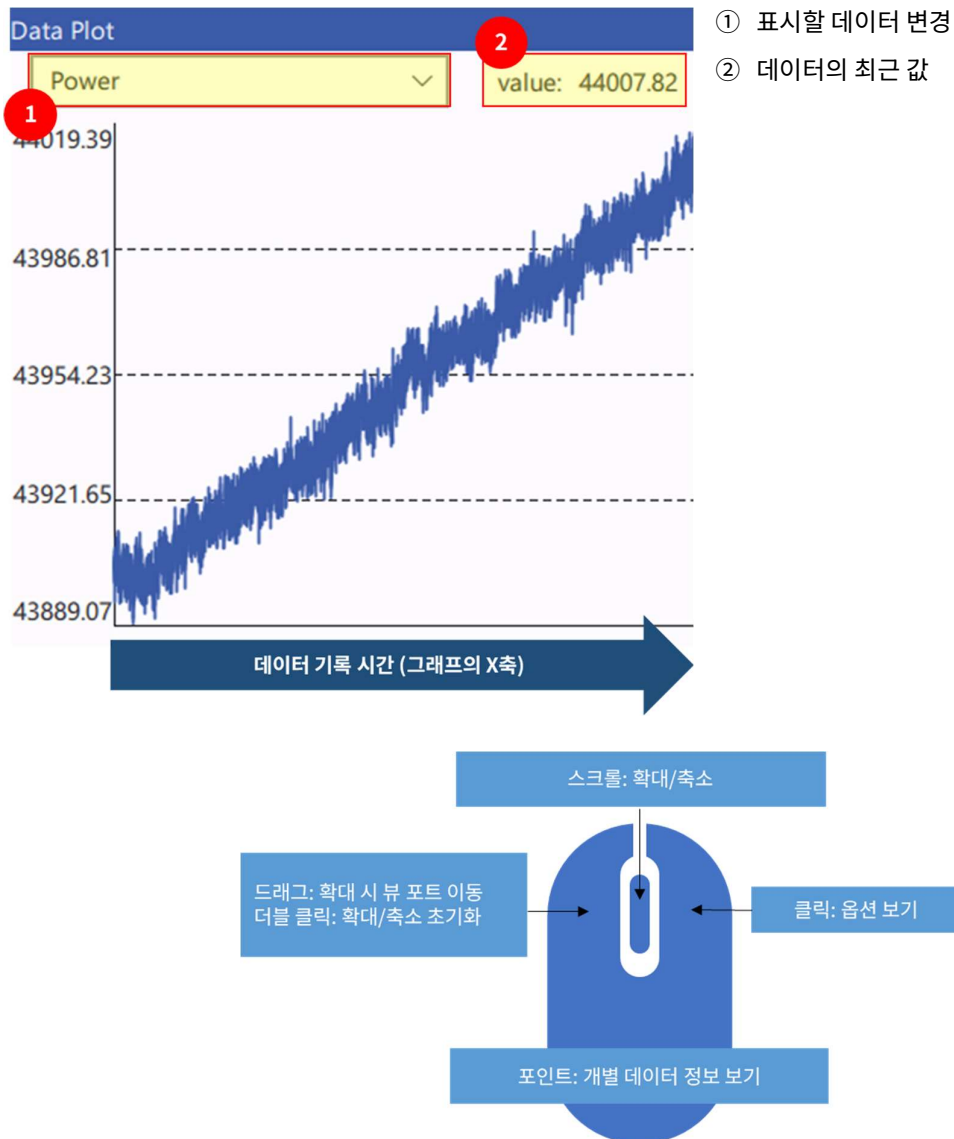
가장 최근의 프로파일 및 누적 프로파일의 평균과 표준편차를 보여줍니다. 각 데이터를 마우스 우클릭하면 그래프를 볼 수 있으며, 이 그래프의 조작 방법은 데이터 그래프(Data Plot)와 동일합니다.



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

6.5. 데이터 그래프 (Data Plot)

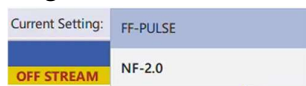
단일 데이터의 시계열 그래프를 보여줍니다.



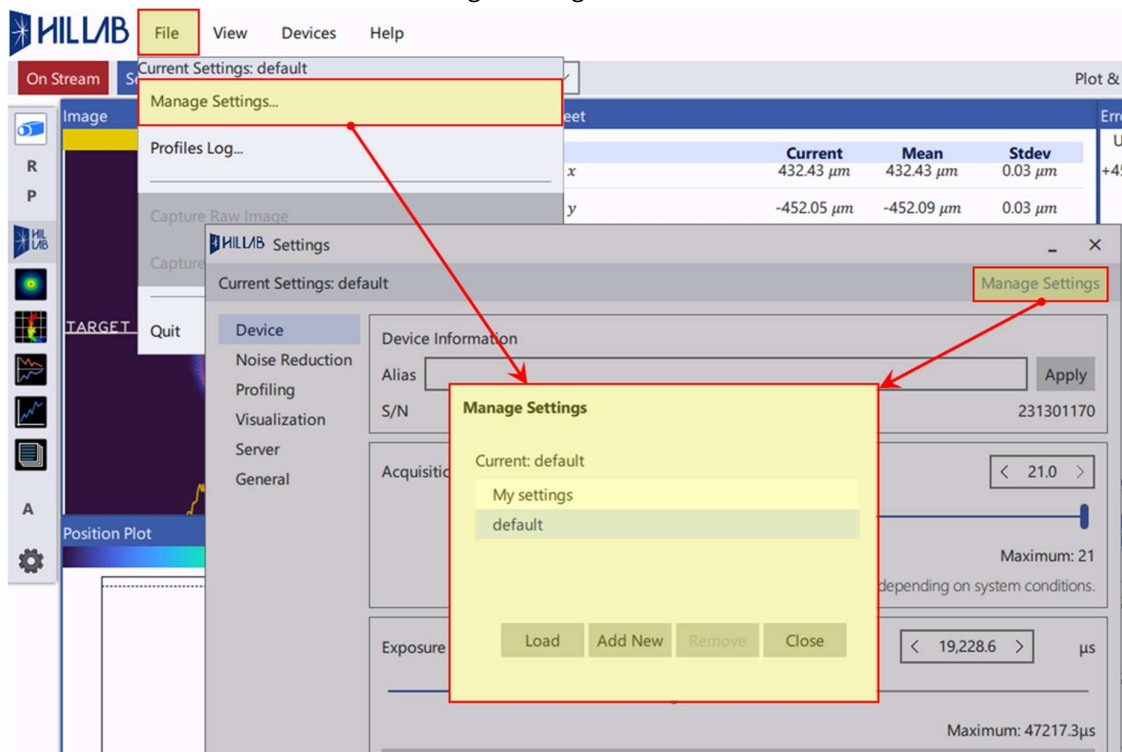
7. 프로그램 설정 관리

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.



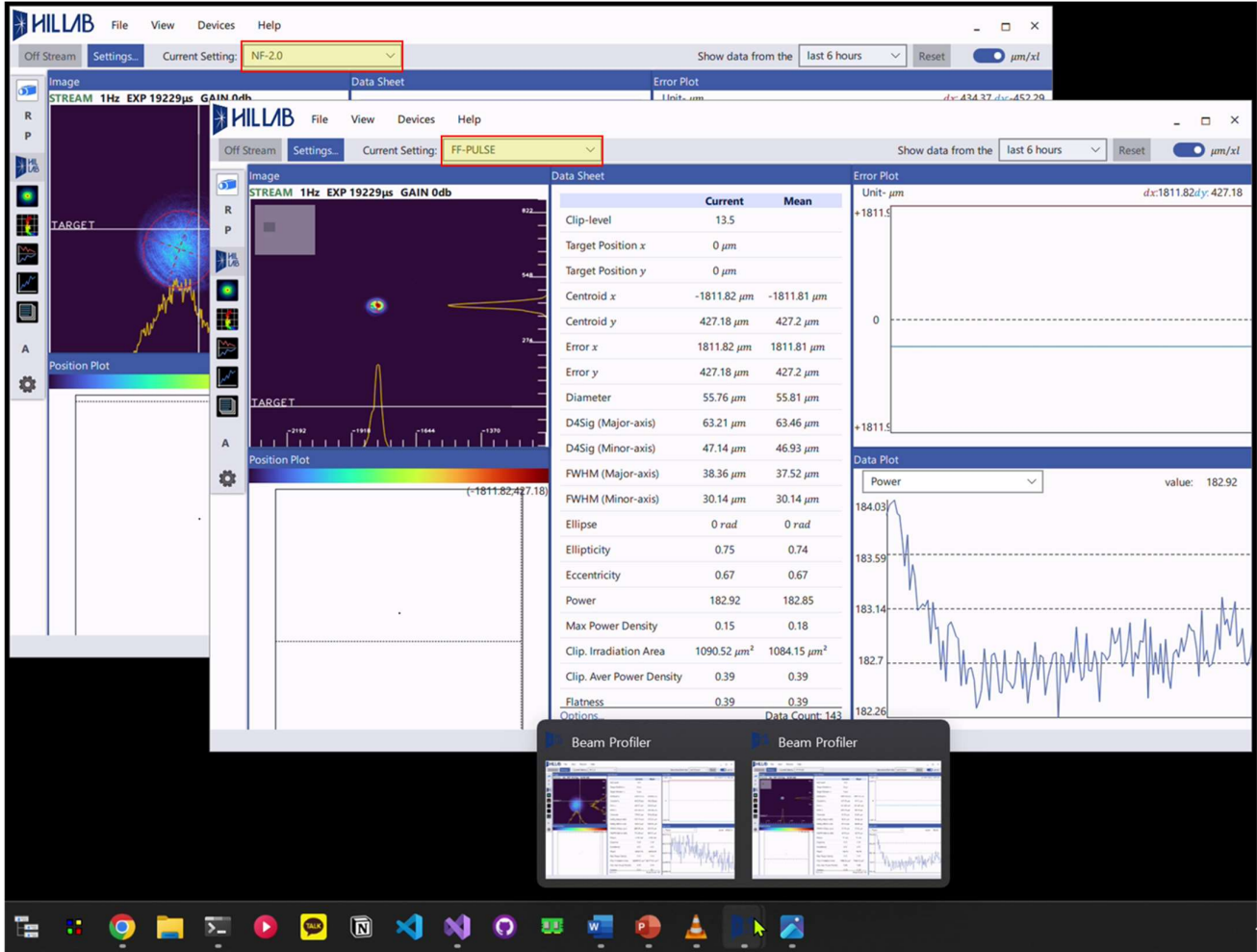
설정을 새로 생성하거나 제거하려면 File 메뉴의 Manage Settings... 를 클릭하십시오.



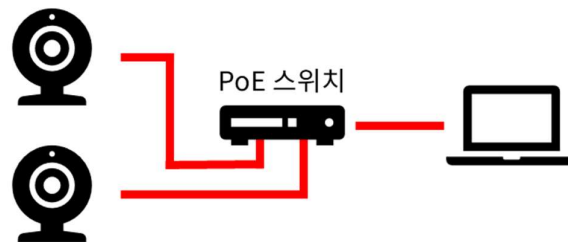
8. 고급 사용자 가이드

8.1. 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.

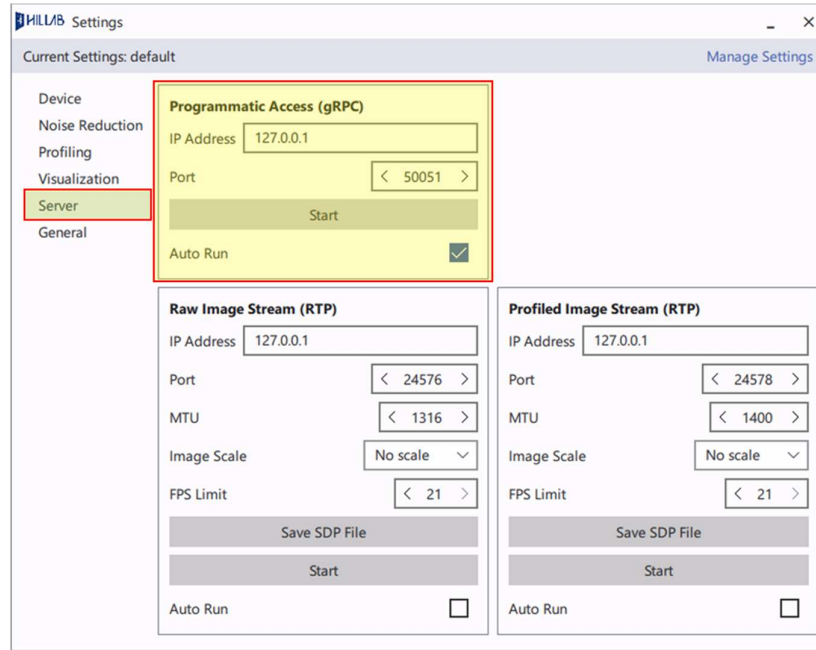
- 1) 중복된 포트로 연결된 카메라를 제어할 프로그램에서 Devices 메뉴의 Enable PTP 를 클릭하여 PTP 를 활성화하십시오.
- 2) 모든 프로그램에 카메라가 연결되어 있는지 확인하십시오.
- 3) 각 프로그램의 카메라 스트리밍을 시작하십시오. 카메라의 PTP 내부 설정이 완료되지 않을 경우, 아직 스트리밍을 시작할 수 없다는 메시지가 출력됩니다. 이 경우 몇 초 뒤 다시 시도하십시오.

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.

8.2. 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 HILLAB Beam Profiler Programmatic Access API 폴더에서 본 앱을 제어하기 위한 Protocol Buffers 인터페이스 파일을 확인할 수 있습니다.

- api/hillab_beam_profiler.proto

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

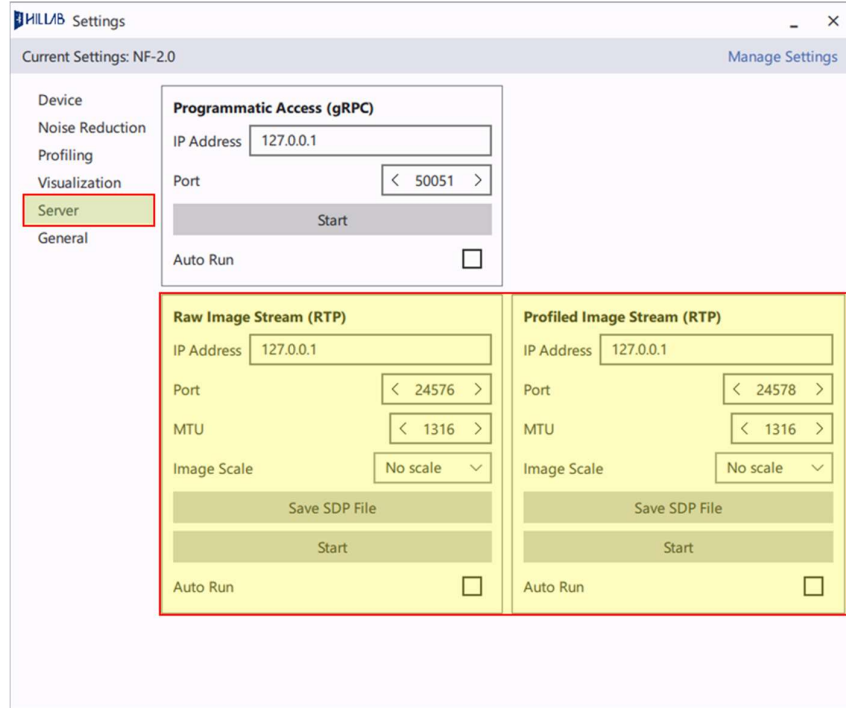
아래 gRPC 공식 사이트에서 지원하는 프로그래밍 언어의 목록과 튜토리얼 등을 참고하십시오.

<https://grpc.io/>

8.3. 이미지 네트워크 전송

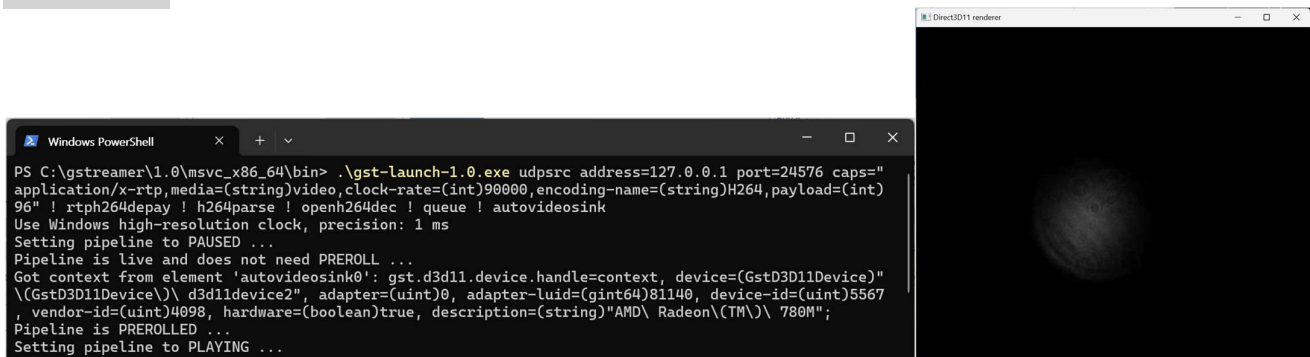
빔의 원본 이미지와 노이즈 제거 및 컬러맵이 적용된 이미지는 RTP(Real-time Transport Protocol)로 외부에 송출할 수 있습니다. 외부 송출시 H264 코덱이 사용됩니다.

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.

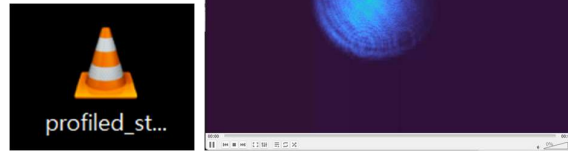
```
udpsrc address=<ip_address> port=<port> caps="application/x-rtp, media=(string)video, clock-rate=(int)90000, encoding-name=(string)H264, payload=(int)96" ! rtph264depay ! h264parse ! openh264dec ! queue ! autovideosink
```



주의사항: GStreamer 설치 시 openh264 코덱을 포함한 적절한 플러그인이 설치옵션에 포함되어있는지 확인하십시오.

(Complete 설치 권장)

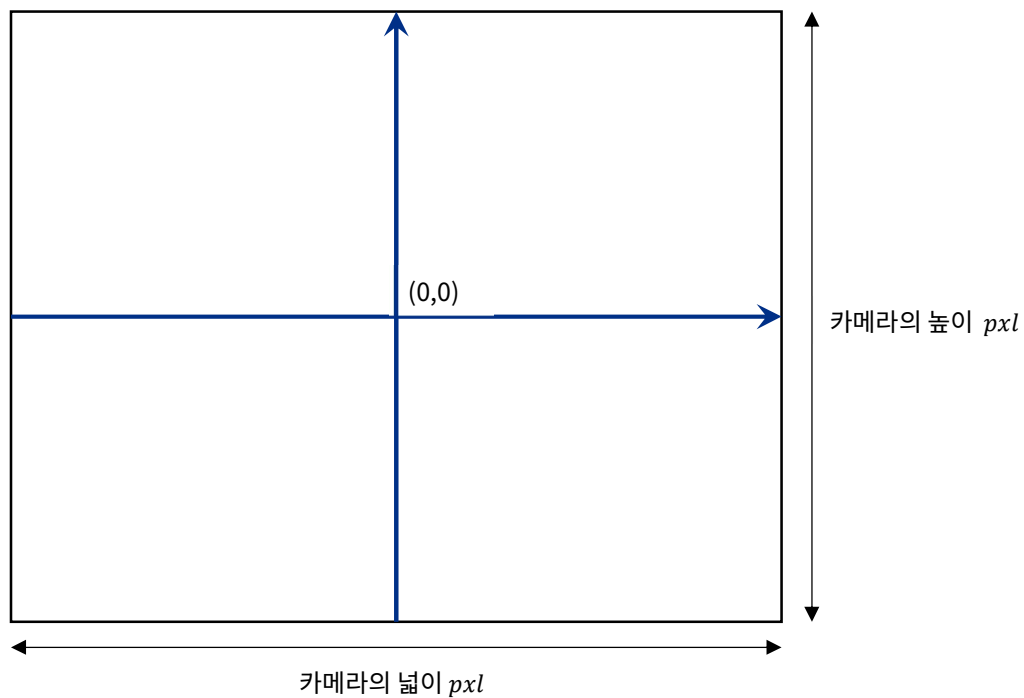
다음은 VLC 를 통해 로컬 네트워크에서 이미지를 수신하는 방법입니다. Server 설정 창에서 Save SDP File 버튼을 클릭하여 스트림을 받아올 이미지의 sdp 파일을 다운로드하여 VLC media player 로 실행하십시오.



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

9. 참고자료

9.1. 이미지 좌표계










9.2. 프로파일링 데이터

본 프로그램의 빔 프로파일링 데이터는 ISO 11146 및 ISO 13694 에 의거하여 계산되었습니다.

| 데이터 | 설명 |
|----------------------------------|--|
| Clip-level | 센서 신호의 최소를 제한하는 사용자 정의 임계값입니다. 이 값은 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 & Error * | 사용자가 정의한 목표 위치와 빔 중심 사이의 거리가 오류로 정의됩니다. Target Position 은 빔의 이미지에서 흰색 십자선으로 시각화 되어 있습니다. |
| 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. |
| 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. |

*Target Position 및 Error 는 ISO 에서 제안하는 프로파일에 포함되지 않음

9.3. 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