

DJI Zenmuse L1 작동 가이드북

V1.2(2023년 4월)



DJI Zenmuse L1 작동 가이드북	0
V1.1(2022년 7월)	0
1. 지원되는 펌웨어 및 소프트웨어 버전	3
2. 매개변수 개요	4
2.1 DJI Zenmuse L1 소개	4
2.2 사양	5
2.3 주요 매개변수	7
2.3.1 감지 범위	7
2.3.2 포인트 클라우드 데이터 속도	7
2.3.3 스캔 모드 및 FOV	8
2.3.4 빔 발산 각도	10
2.3.5 범위 정확도	10
3. DJI L1 현장 작동 가이드	10
3.1 RTK/PPK	10
3.1.1 NTRIP(사용자 정의 네트워크 RTK) 솔루션	10
3.1.2 D-RTK 2 기지국 솔루션	10
3.1.3 타사 RTK 솔루션	11
3.2 IMU 교정	13
3.2.1 수동 비행 시 비행 보정 버튼	14
3.2.2 매핑/경사/선형 비행 임무의 IMU 교정	15
3.2.3 웨이포인트 비행 임무의 IMU 교정	16
3.3 RGB 카메라 재보정	17
3.3.1 교정 데이터 수집	17
3.3.2 DJI Terra 소프트웨어를 사용하여 캘리브레이션 파일 생성	18
3.3.3 L1에서 교정 파일 실행	19
3.3.4 공장 매개변수를 복원하는 방법은 무엇입니까?	19
3.4 비행임무계획	20
3.4.1 지형측량	20
지형 추적 미션을 활성화하는 방법은 무엇입니까?	23
지형 따라가는 비행	23
3.4.2 강둑/도로 측량	27
3.4.3 전력선	29
3.5 체크포인트 설정	32
3.5.1 3D 체크포인트	32
3.5.2 고도 검문소	34
3.6 현장 데이터 수집	35
3.6.1 예열을 위해 L1 전원 켜기	35
3.6.2 비행임무수행	35

3.6.3 수동 데이터 수집	37
3.7 데이터 저장	38
4. DJI Terra로 L1 데이터 처리하기	39
4.1 컴퓨터 준비	39
4.2 재구성 단계	40
4.3 결과 파일	46
4.4 FAQ	48
4.4.1 오류 메시지: LiDAR 포인트 클라우드 POS 데이터가 비정상입니다.	48
4.4.2 오류 메시지: 원시 데이터가 누락되었거나 파일 경로가 잘못되었습니다.	48
4.4.3 오류 메시지: LiDAR 포인트 클라우드의 원시 데이터가 비정상입니다.	48
4.4.4 오류 메시지: LiDAR 포인트 클라우드 정확도 최적화에 실패했습니다.	48
4.4.5 오류 메시지: LiDAR 포인트 클라우드 POS 계산에 실패했습니다.	48
4.4.6 문제: 포인트 클라우드 모델의 품질이 좋지 않거나 결과적으로 심각한 데이터 손실이 발생합니다.	49
4.4.7 좋은 수직 정확도를 달성하는 방법은 무엇입니까?	49

1. 지원되는 펌웨어 및 소프트웨어 버전

계속 진행하기 전에 DJI 웹사이트에서 릴리스 노트를 확인하여 장치의 펌웨어/소프트웨어 버전이 최신인지 확인하세요.

DJI Zenmuse L1: <https://www.dji.com/zenmuse-l1/downloads>

DJI 매트리스 300 RTK: <https://www.dji.com/matrice-300/downloads>

2023년 4월 기준 최신 펌웨어 버전은 아래 표에 나와 있으며, 본 가이드북 내 정보의 기초로 사용됩니다. 본 가이드북은 향후 펌웨어 업데이트에 따른 변경 사항을 반영하여 업데이트될 예정입니다.

M300 RTK 항공기	V06.01.01.00
M300 RTK 조종기	V06.01.01.00
파일럿 앱	V6.1.2.3
젠뮤즈 L1	V04.00.01.06
DJI 테라	V3.6.7

참고: 이 가이드북에 제공된 매개변수는 참조용일 뿐이며 모든 시나리오에 적용되는 것은 아닙니다. 실제 상황에 맞게 적절하게 조정하십시오.

2. 매개변수 개요

2.1 DJI L1 소개

Zenmuse L1은 Livox LiDAR 모듈, 고정밀 IMU, 3축 안정화 짐벌에 1인치 CMOS가 장착된 카메라를 통합합니다. Matrice 300 RTK 및 DJI Terra와 함께 사용하면 L1은 하루 종일 실시간 3D 데이터를 제공하고 복잡한 구조의 세부 사항을 효율적으로 캡처하고 매우 정확하게 재구성된 모델을 제공하는 완벽한 솔루션을 구성합니다.

1. Gimbal Connector
2. Pan Motor
3. LiDAR Sensor
4. RGB Mapping Camera
5. Auxiliary Positioning Vision Sensor
6. microSD Card Slot
7. Tilt Motor
8. Roll Motor

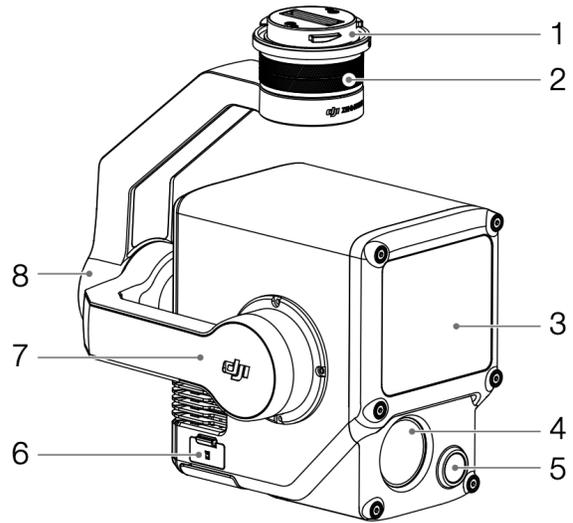


그림: L1 구성 요소

2.2 사양

General	
Product name	ZENMUSE L1
Dimensions	152×110×169 mm
Weight	930±10 g
Power	Typical: 30 W; Max: 60 W
IP Rating	IP54
Supported Aircraft	Matrice 300 RTK
Operating Temperature Range	-20° to 50° C (-4° to 122° F) when using RGB mapping camera: 0° to 50° C (32° to 122° F)
Storage Temperature Range	-20° to 60° C (-4° to 140° F)
System Performance	
Detection Range	450 m @ 80% reflectivity, 0 klx 190 m @ 10% reflectivity, 100 klx
Point Rate	Single return: max. 240,000 pts/s Multiple return: max. 480,000 pts/s
System Accuracy (RMS 1σ)*	Horizontal: 10 cm @ 50 m Vertical: 5 cm @ 50 m
Real-Time Point Cloud Coloring Coding	Reflectivity, Height, Distance, RGB
LiDAR	
Laser Wavelength	905 nm
Beam Divergence	0.03° (Horizontal) × 0.28° (Vertical)
Ranging Accuracy (RMS 1σ)**	3 cm @ 100 m
Maximum Returns Supported	3
Scan Modes	Non-repetitive scanning pattern, Repetitive scanning pattern
FOV	Non-repetitive scanning pattern: 70.4° (horizontal) × 77.2° (vertical) Repetitive scanning pattern: 70.4° (horizontal) × 4.5° (vertical)
Laser Safety	Class 1 (IEC 60825-1:2014) (Eye Safety)
Inertial Navigation System	
IMU Update Frequency	200 Hz
Accelerometer Range	±8 g
Angular Velocity Meter Range	±2000 dps
Yaw Accuracy (RMS 1σ)*	Real-time: 0.3°, Post-processing: 0.15°
Pitch/Roll Accuracy (RMS 1σ)*	Real-time: 0.05°, Post-processing: 0.025°
Auxiliary Positioning Vision Sensor	
Resolution	1280×960
FOV	95°
RGB Mapping Camera	
Sensor Size	1 in
Effective Pixels	20 MP

Photo Size	5472×3078 (16:9), 4864×3648 (4:3), 5472×3648 (3:2)
Focal Length	8.8/24 mm (equivalent)
Shutter Speed	Mechanical shutter speed: 1/2000-8 s Electronic shutter speed: 1/8000-8 s
ISO	Video: 100-3200 (auto), 100-6400 (manual) Photo: 100-3200 (auto), 100-12800 (manual)
Aperture Range	f/2.8 - f/11
Supported File System	FAT (≤32 GB); exFAT (>32 GB)
Photo Format	JPEG
Video Format	MOV, MP4
Video Resolution	H.264, 4K: 3840×2160 30p
Gimbal	
Stabilized System	3-axis (tilt, roll, pan)
Angular Vibration Range	±0.01°
Mount	Detachable DJI SKYPORT
Controllable Range	Tilt: -120° to +30°, Pan: ±320°
Operation Modes	Follow/Free/Re-center
Data Storage	
Raw Data Storage	Photo/IMU/Point cloud/GNSS/Calibration files
Supported microSD Cards	microSD: Sequential writing speed 50 MB/s or above and UHS-I Speed Grade 3 rating or above; Max capacity: 256 GB
Recommended microSD Cards***	SanDisk Extreme 128GB UHS-I Speed Grade 3 SanDisk Extreme 64GB UHS-I Speed Grade 3 SanDisk Extreme 32GB UHS-I Speed Grade 3 SanDisk Extreme 16GB UHS-I Speed Grade 3 Lexar 1066x 128GB U3 Samsung EVO Plus 128GB
Post-Processing Software	
Supported Software	DJI Terra
Data Format	DJI Terra supports exporting standard format point cloud models: Point cloud format: PNTS/LAS/PLY/PCD/S3MB

* The accuracy was measured under the following conditions in a DJI laboratory environment: after a 5-minute warm up, using Mapping Mission with IMU Calibration enabled in DJI Pilot, and with the RTK in FIX status. The relative altitude was set to 50 m, flight speed to 10 m/s, gimbal pitch to -90°, and each straight segment of the flight route was less than 1000 m. DJI Terra was used for post-processing.

** Measured in an environment of 25° C (77° F) with a target of 80% reflectivity at a distance of 100 meters. Results may vary depending on test conditions.

*** The recommended microSD cards may be updated in future. Visit the DJI official website for the latest information.

2.3 주요 매개변수

2.3.1 감지 범위

이는 LiDAR의 측정 가능한 가장 먼 거리를 나타냅니다. 이 매개변수는 실제 환경 조건에 따라 크게 달라집니다. 주요 영향 요인에는 대상의 표면 반사율, 대상의 모양 및 주변광 간섭이 포함됩니다. 제조업체는 일반적으로 다양한 조명 및 반사율에서 LiDAR의 측정 가능한 거리를 표시합니다. DJI L1의 경우 LiDAR는 측정 대상의 반사율이 80%일 때 0klx 미만에서 450m, 측정 대상의 반사율이 10%일 때 100klx 미만에서 190m의 측정 범위를 지원합니다.

"450m @ 80%, 0klx"는 태양조도가 0klx이고 측정된 대상의 반사율이 80%보다 큰 경우(콘크리트 바닥이나 도로 표면의 반사율은 15%~30%이고, 흰색 회반죽 벽의 반사율은 90%~99%), 최대 측정 가능 거리는 450m입니다.

"190m @ 10%, 100klx"는 태양조도가 100klx이고 측정된 대상의 반사율이 10%보다 클 때(콘크리트 바닥이나 도로 표면의 반사율이 15%~30%이고 반사율이 흰색 회반죽 벽의 비율은 90%~99%), 측정 가능한 최대 거리는 190m입니다.

시중에 나와 있는 대부분의 LiDAR 센서는 테스트 벤치마크로 확산 반사 물체(반사율 90%)를 사용합니다. 그러나 이 매개변수는 실제적인 중요성이 제한되어 있습니다. 반사율 10%에서 측정 가능한 거리는 실제로 더 큰 의미를 갖습니다.

2.3.2 포인트 클라우드 데이터 속도

포인트 클라우드 데이터 속도는 샘플링 주파수 또는 펄스 주파수라고도 합니다. 단위 시간 내에 레이저에서 방출되는 레이저 빔의 최대 개수를 나타냅니다. 동일한 조건에서 주파수가 높을수록 측정 지점 수가 많아지고 작동 효율이 높아집니다.

L1의 포인트 클라우드 데이터 속도는 사용되는 에코 모드에 따라 영향을 받습니다. 단일 에코, 이중 에코, 삼중 에코 모드의 세 가지 에코 모드를 사용할 수 있습니다. 단일 에코 또는 이중 에코 모드에서 최대 샘플링 주파수는 240kHz(즉, 초당 240,000개의 레이저 빔 방출)입니다. 삼중 에코 모드에서 최대 샘플링 주파수는 160kHz입니다. 이론적으로 듀얼 에코 또는 트리플 에코 모드에서 초당 측정되는 최대 포인트 수는 480,000개입니다. 실제로 두 번째 및 세 번째 에코에서 측정된 포인트 수는 매우 적습니다. 측정 지점 수는 듀얼 에코 모드의 샘플링 주파수 240kHz에서 가장 높습니다. 따라서 더 많은 측정 포인트가 필요한 경우 듀얼 에코 모드를 선택하고, 더 높은 침투가 필요한 경우 트리플 에코 모드를 선택하는 것이 좋습니다.

2.3.3 스캔 모드 및 FOV

L1은 다양한 스캔 모드에서 다양한 스캔 모양을 생성할 수 있습니다. 지상에서 LiDAR가 형성하는 모양은 레이저 스캔 모드, 비행 방향 및 속도, 지형에 따라 결정됩니다. **DJI L1의 Livox LiDAR은 비반복 스캔 모드와 반복 스캔 모드를 지원합니다.**

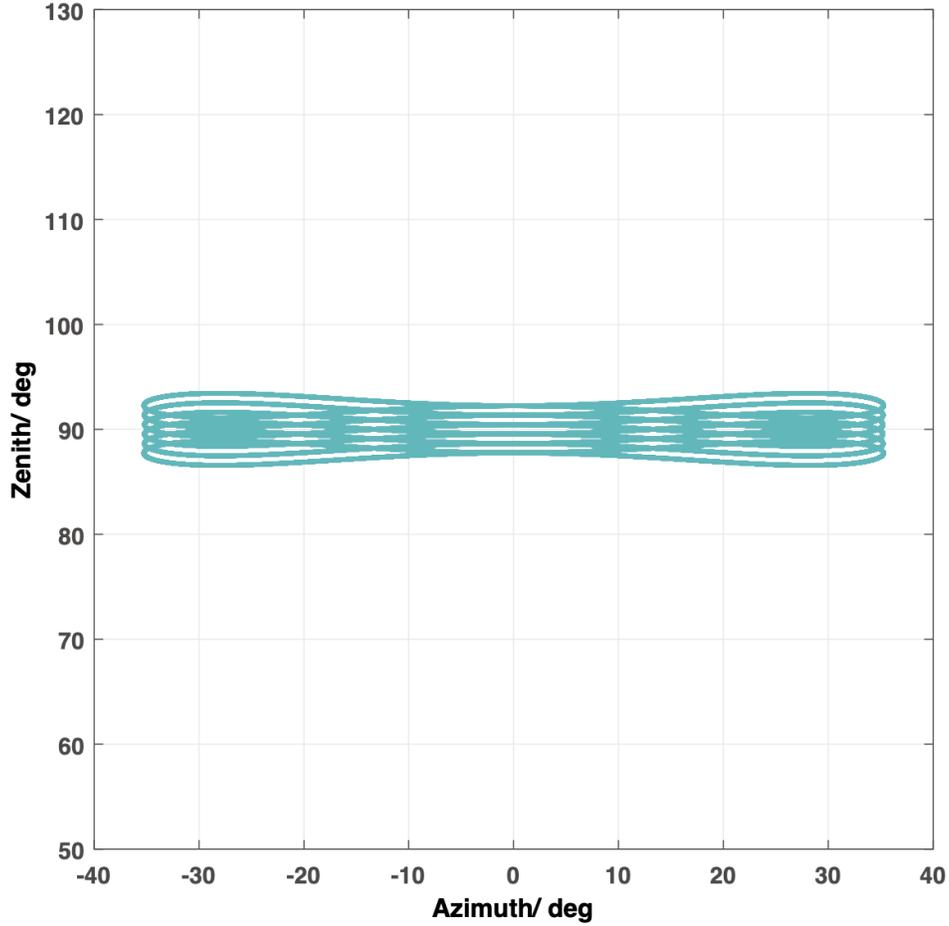


그림: L1의 반복 스캔 모드로 0.1초 안에 형성된 스캔 모양

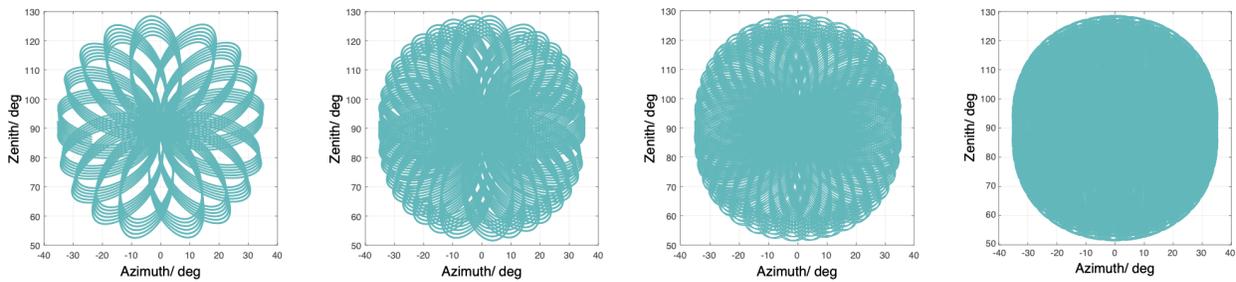


그림: L1의 비반복 스캔 모드로 0.1초, 0.2초, 0.5초, 1초로 형성된 스캔 모양

스캔 각도라고도 알려진 시야(FOV)는 LiDAR 센서가 커버하는 각도, 즉 레이저 신호가 방출되는 각도를 나타냅니다. L1의 FOV는 스캔 모드에 따라 다릅니다.

반복 스캔: FOV 70.4°*4.5°. 이 스캔 모드에서는 수직 필드가 더 좁지만 정확도는 더 높습니다. 이 모드는 고정밀 측량 및 매핑에 권장됩니다.

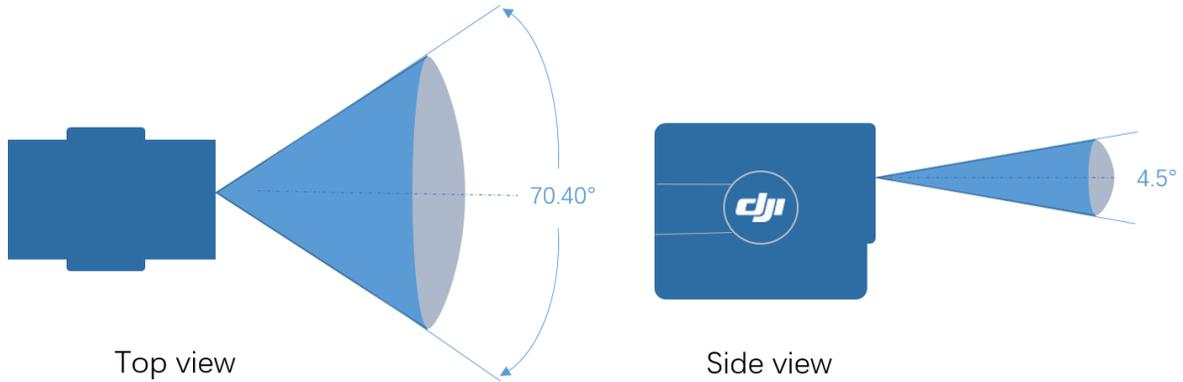


그림: 반복 스캔 모드의 스캔 각도

비반복 스캔: FOV 70.4°*77.2°. 이 스캔 모드에서는 수직 FOV가 더 넓습니다. 이 모드는 건물 정면과 같은 복잡한 구조의 데이터 캡처에 권장됩니다.

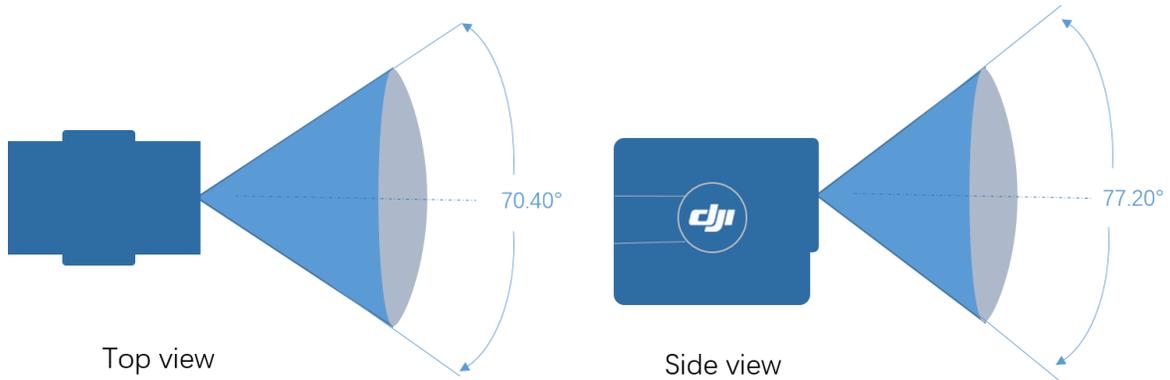


그림: 비반복 스캔 모드의 스캔 각도

메모:

L1의 유효 범위는 물체가 FOV 내에 있는 위치에 따라 달라집니다. L1의 FOV 가장자리에 가까울수록 유효 범위는 짧아집니다.

L1의 FOV 중심에 가까울수록 유효 범위는 더 넓어집니다. 자세한 내용은 아래 그림을 참조하세요.

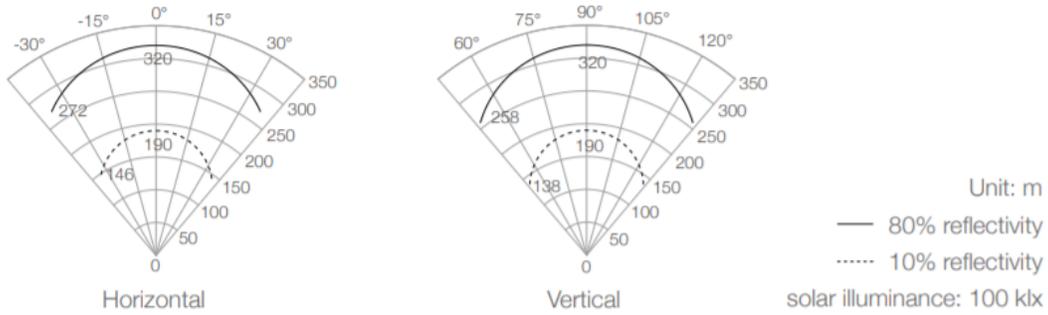


그림: FOV 내 L1의 유효 범위

2.3.4 빔 발산 각도

빔 frR의 LiDAR 발산 각도(있는 경우)는 거리가 증가함에 따라 크기가 증가하는 광점을 생성할 수 있습니다.

2.3.5 범위 정확도

거리 측정 정확도는 LiDAR로 측정한 거리와 실제 거리 사이의 불일치를 나타냅니다. 범위 지정 정확도는 전자가 최종 결과의 정확도를 나타내지 않는다는 점에서 시스템 정확도와 다릅니다.

3.DJI L1 현장 작동 가이드

3.1 RTK/PPK

포인트 클라우드 데이터 처리를 위해 L1에는 센티미터 단위의 정확도가 필요합니다. **RTK 또는 PPK를 사용한 위치 지정 데이터.** 그만큼 **L1 비행 임무 기간 동안 RTK FIX 상태를 유지해야 합니다.** RTK 연결 안정성을 보장할 수 없는 경우 PPK를 사용할 수도 있습니다. 각 방법의 자세한 작업 흐름은 아래에 설명되어 있습니다.

3.1.1 NTRIP(사용자 정의 네트워크 RTK) 솔루션

DJI 파일럿 앱의 RTK 설정 페이지에서 사용자 정의 네트워크 RTK를 선택하고 NTRIP 계정 정보를 입력하여 Ntrip 서비스에 연결할 수 있습니다. (참고: 조종기는 WiFi 또는 4G 동글을 통해 인터넷에 연결되어 있어야 합니다.) NTRIP 서비스가 연결되어 있고 비행 내내 RTK 상태가 FIX인 경우 베이스 스테이션 파일이 자동으로 결과 파일에 저장됩니다.

3.1.2 D-RTK 2 기지국 솔루션

알려진 지점에 D-RTK 2를 설정합니다.D-RTK 2를 모드 5로 전환합니다. DJI 파일럿 앱의 RTK 설정 페이지에서 RTK 서비스 유형으로 D-RTK 2를 선택합니다. 그런 다음 기체를 D-RTK 2에 연결합니다. RTK 설정 페이지에서 고급 설정(기본 핀: 123456)으로 이동합니다.**아래 그림을 참고하여 지면에서 RTK 컬렉터의 높이를 측정합니다(로드를 완전히 확장한 경우 1.8m). D-RTK 2의 좌표를 계산된 좌표로 수정합니다.**

height of RTK collector off ground = rod length + top of rod to phase center

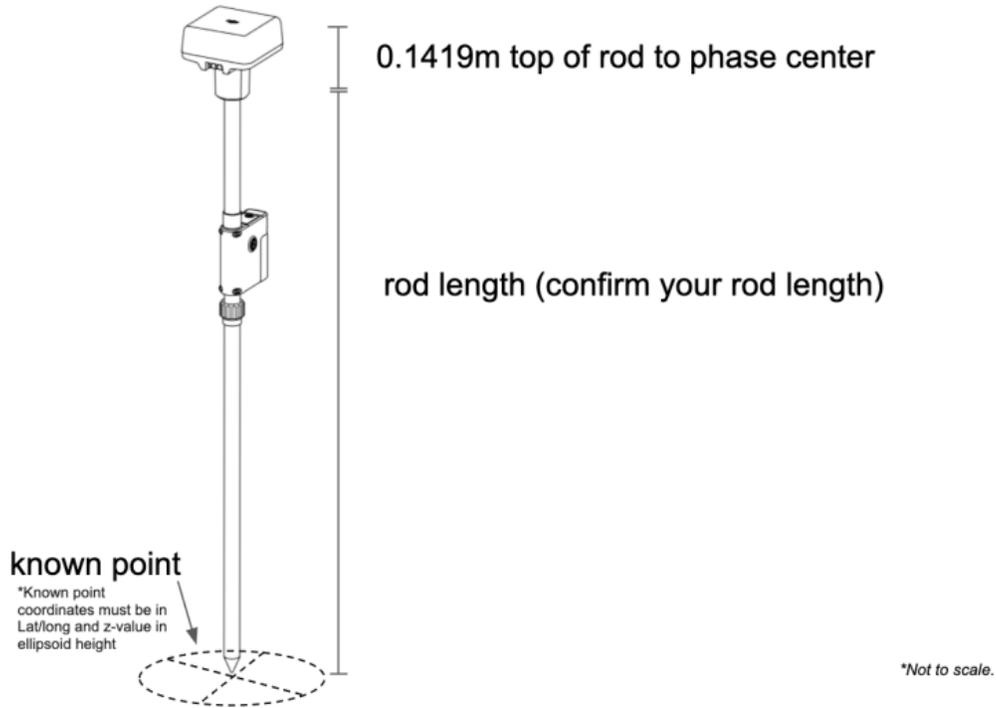


그림: RTK 높이를 측정하는 방법

높은 절대 정확도가 필요한 경우, **자체 수렴 GNSS 좌표를 직접 사용하는 대신 알려진 지점에 D-RTK 2를 설정해야 합니다.** 이는 D-RTK 2의 정적 수렴 좌표가 미터 수준에서 오류가 있기 때문입니다. D-RTK 2 위치가 알려진 좌표로 수정되지 않으면 결과의 절대적인 정확성을 보장할 수 없으며 여러 비행의 포인트 클라우드 데이터가 일관되지 않을 수 있습니다.

D-RTK 2 베이스 스테이션을 설정한 후 비행 임무를 위해 기체를 D-RTK 2에 연결할 수 있습니다.

또는 드론과 D-RTK 2 간의 실시간 연결이 필요하지 않은 경우 PPK 방법을 사용할 수 있습니다. **PPK 방식에서는 D-RTK 2와 기체 사이의 거리가 10km 이내인 것이 좋습니다.** RTK 서비스 유형에서 "없음"을 선택하세요. GNSS 비행 모드로 전환하려면 RTK 포지셔닝 스위치를 끄세요. 임무를 위한 데이터 수집이 완료된 후 Type C 케이블을 사용하여 D-RTK 2를 PC에 연결하세요. 다음을 사용하여 베이스 스테이션 파일을 복사합니다.

해당 시간 슬롯에 .DAT라는 접미사를 추가하고 L1의 결과 파일과 동일한 폴더에 파일을 붙여넣습니다. 이러한 방식으로 DJI Terra는 PPK 처리에 D-RTK 2 데이터를 사용하여 정확한 POS 데이터를 계산합니다.

3.1.3 타사 RTK 솔루션

타사 RTK 베이스 스테이션 장치도 PPK에 사용할 수 있습니다. 이 경우 드론과 RTK 베이스 스테이션 사이에는 연결이 필요하지 않습니다. 타사 RTK 베이스와 기체 사이의 거리는 10km 이내를 권장합니다. 비행이 완료된 후 해당 시간대의 기지국 파일을 검색하고 아래 접미사 규칙에 따라 파일 이름을 바꿉니다. 그런 다음 베이스 스테이션 파일을 LiDAR 파일과 동일한 디렉터리에 복사합니다.

L1은 다음 기지국 프로토콜과 버전을 지원합니다. (참고: 이름이 바뀐 파일 DJI_YYYYMMDDHHMM_XXX의 이름은 포인트 클라우드 데이터 디렉터리에 있는 .RTK 파일의 이름과 일치해야 합니다.) 동일한 디렉터리에 .RTB 파일이 있으면 삭제해야 합니다.

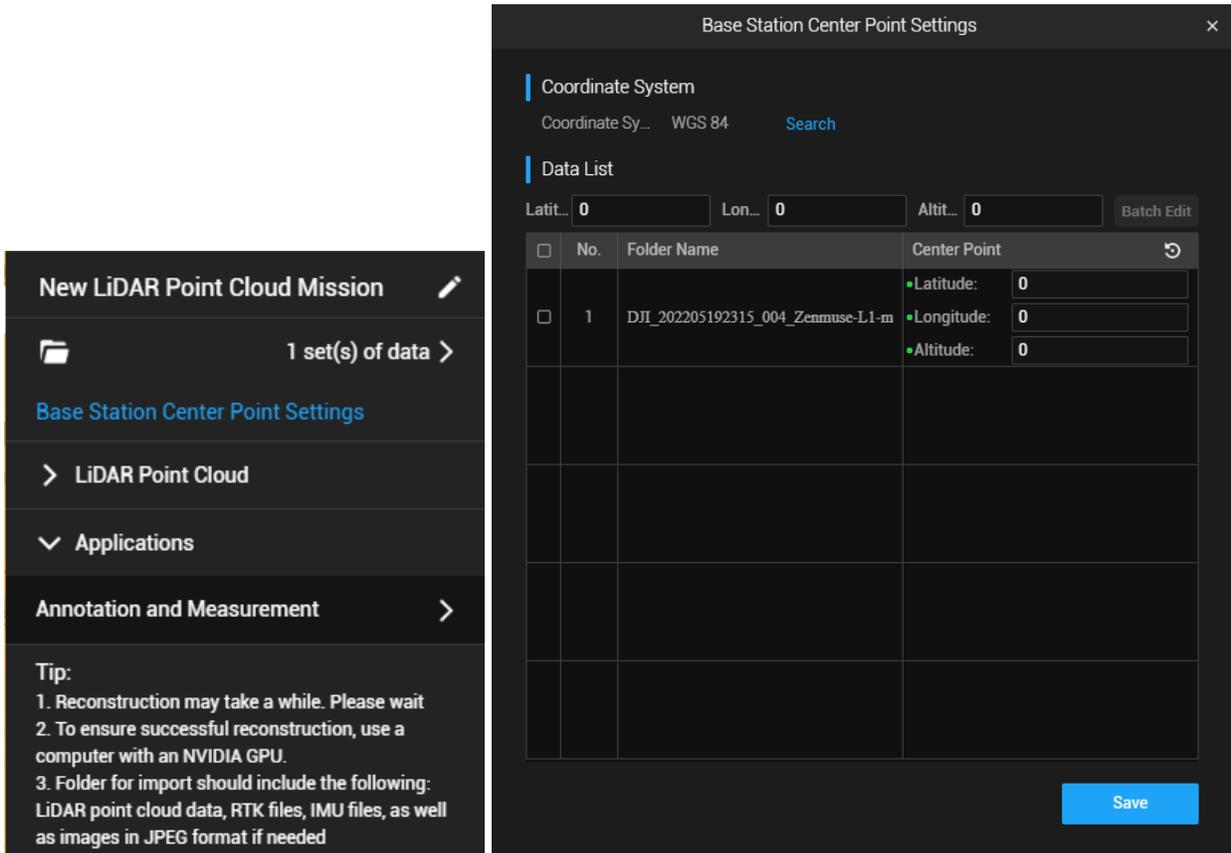
데이터 형식	버전	메시지	이름 바꾸기:
라이넥스	V2.1.x	/	DJI_YYYYMMDDHHMM_XXX.obs
	V3.0.x	/	
RTCM	V3.0	1003, 1004, 1012, 1014	DJI_YYYYMMDDHHMM_XXX.rtcmm
	V3.2	MSM4, MSM5, MSM6, MSM7	
OEM	OEM4	범위	DJI_YYYYMMDDHHMM_XXX.oem
	OEM6	범위	

UBX	/	RAWX	DJI_YYYYMMDDHHMM_XXX.ubx
-----	---	------	--------------------------

표: Zenmuse L1에서 지원하는 RTK 프로토콜 유형

참고: L1 데이터 처리에는 기지국 파일이 필요합니다. Ntrip이나 PPK 파일이 없으면 L1 데이터를 처리할 수 없습니다. 비행 중에 RTK 연결이 끊어지면 데이터 유효성을 보장하기 위해 임무가 자동으로 일시 중지됩니다.

DJI Terra를 통해 사용자는 베이스 스테이션 중심점을 수정할 수 있습니다.; 사용자는 "LiDAR 포인트 클라우드" 재구성 페이지에서 "기지국 중심점 설정" 옵션을 선택하여 기지국 중심점 좌표를 수정할 수 있습니다. 여러 L1 LiDAR 비행 데이터 세트를 가져온 경우 사용자는 비행을 기반으로 기지국 중심 좌표를 개별적으로 수정하거나 가져온 모든 비행에 대한 기지국 좌표를 일괄 편집하도록 선택할 수도 있습니다.



DJI Terra의 베이스 스테이션 중앙점 설정

3.2 IMU 교정

IMU 교정은 LiDAR 정확도를 위한 전제 조건입니다. 이는 최종 포인트 클라우드 정확도에 영향을 미치는 핵심 요소입니다. L1의 경우 IMU 교정이 필요합니다. **데이터 수집 전, 도중(비행 임무 100초마다), 데이터 수집 후** 관성 항법 시스템을 보장하기 위해

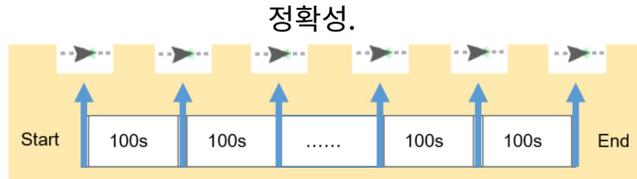


그림: 비행 전, 비행 중, 비행 후에 IMU 교정이 필요합니다.

다음은 수동/임무(비행 경로) 비행 중에 사용할 수 있는 두 가지 IMU 교정 방법입니다.

3.2.1 수동 비행 시 비행 보정 버튼

현재 고도에서 M300 RTK 드론의 IMU 시스템을 보정하려면 다음 단계를 따르세요.

1. 동일한 높이에 장애물이 없는 적절한 고도로 드론을 비행하세요.
2. 왼쪽의 보기 토글을 "SBS" 또는 "LiDAR"로 전환합니다.
3. 매개변수 설정 상자에서 "보정되지 않음 - 보정" 버튼을 누릅니다.
4. 드론은 자동으로 앞뒤로 3번 비행하여 보정 프로세스를 완료합니다. 이 과정은 약 50초 정도 소요됩니다. 완료되면 포인트 클라우드 기록을 시작하거나 재개할 수 있습니다.

주의: 드론 전방 30m 범위에 장애물이 없는지 확인하세요.

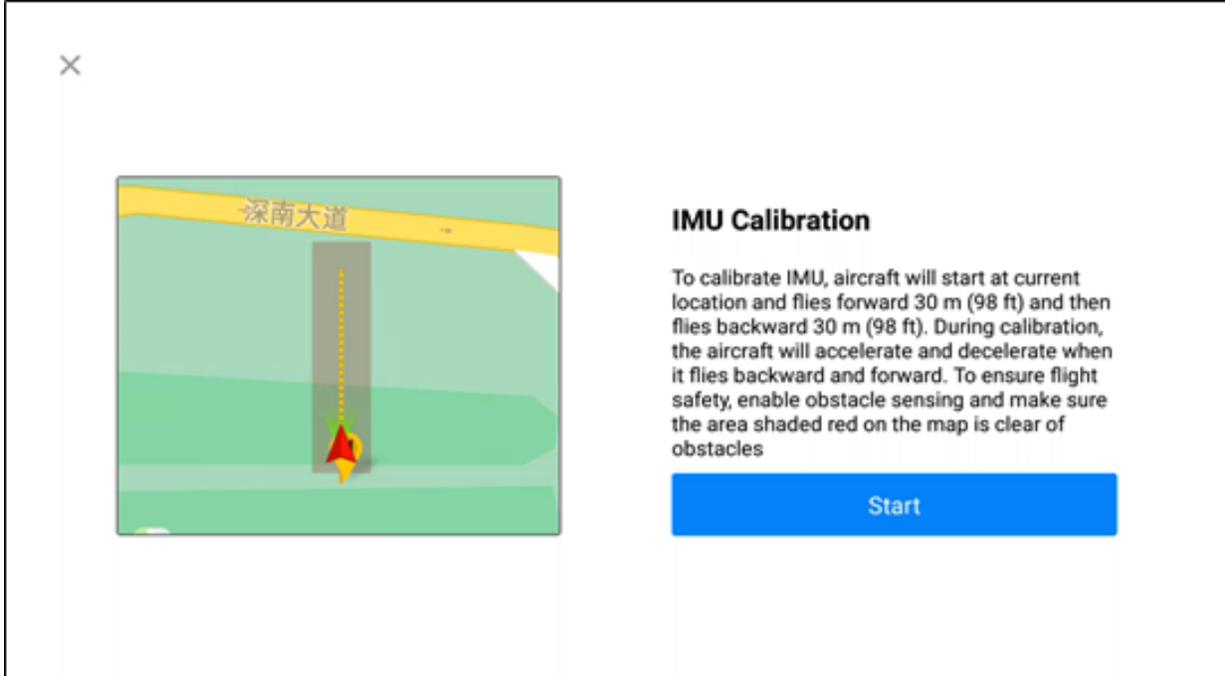


그림: 수동 IMU 교정 설명

5. IMU 교정이 완료되면 교정 상태 상자 아래에 2분 타이머가 자동으로 시작됩니다. 시간이 다 떨어지기 전에 기록을 일시 중지하고 1~4단계를 수행하여 IMU를 재보정하세요.



3.2.2 매핑/경사/선형 비행 임무의 IMU 교정

매핑/경사 비행 임무에서는 "IMU 보정" 토글을 찾을 수 있습니다. 이 옵션을 켜면 가속 및 감속 보정 비행이 시작점, 끝점, 전환점 및 경로를 따라(100초마다) 비행 경로에 삽입됩니다. 교정 경로는 아래 그림에서 노란색으로 표시됩니다.

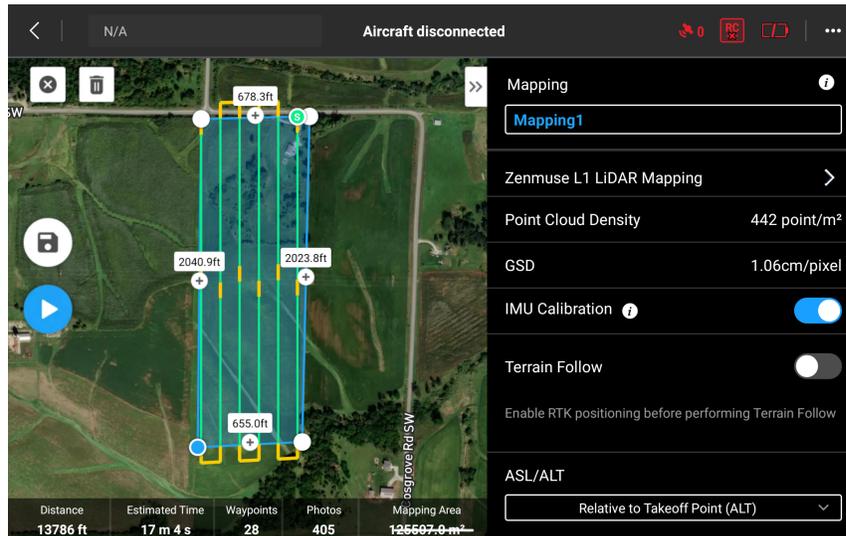


그림: 비행 경로 교정

선형 비행 임무의 경우 교정 비행 경로는 임무 도중(두 웨이포인트 사이의 100초마다) 비행 경로의 시작 부분과 끝 부분에 자동으로 삽입됩니다.

3.2.3 웨이포인트 비행 임무의 IMU 교정

웨이포인트 비행 임무에서는 경로 매개변수에서 IMU 보정 옵션을 찾을 수 있습니다.

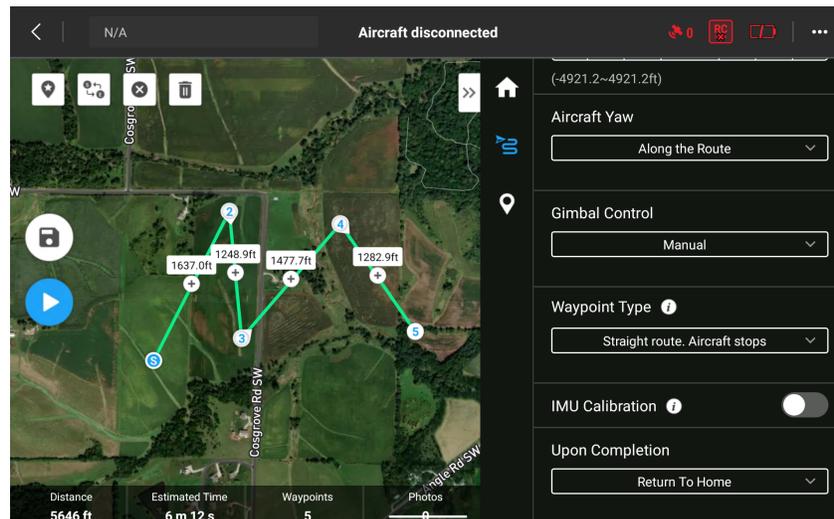


그림: 웨이포인트 비행 임무의 IMU 보정 옵션

웨이포인트 설정에서 시작하려는 웨이포인트에 "포인트 클라우드 모델링 기록 시작" 작업을 추가하고, 끝내려는 지점에 "포인트 클라우드 모델링 기록 종료" 작업을 추가해야 합니다. 이 경우 IMU Calibration 옵션이 켜져 있으면 비행 경로에 자동으로 삽입된 IMU Calibration 섹션(노란색으로 표시)을 볼 수 있습니다.

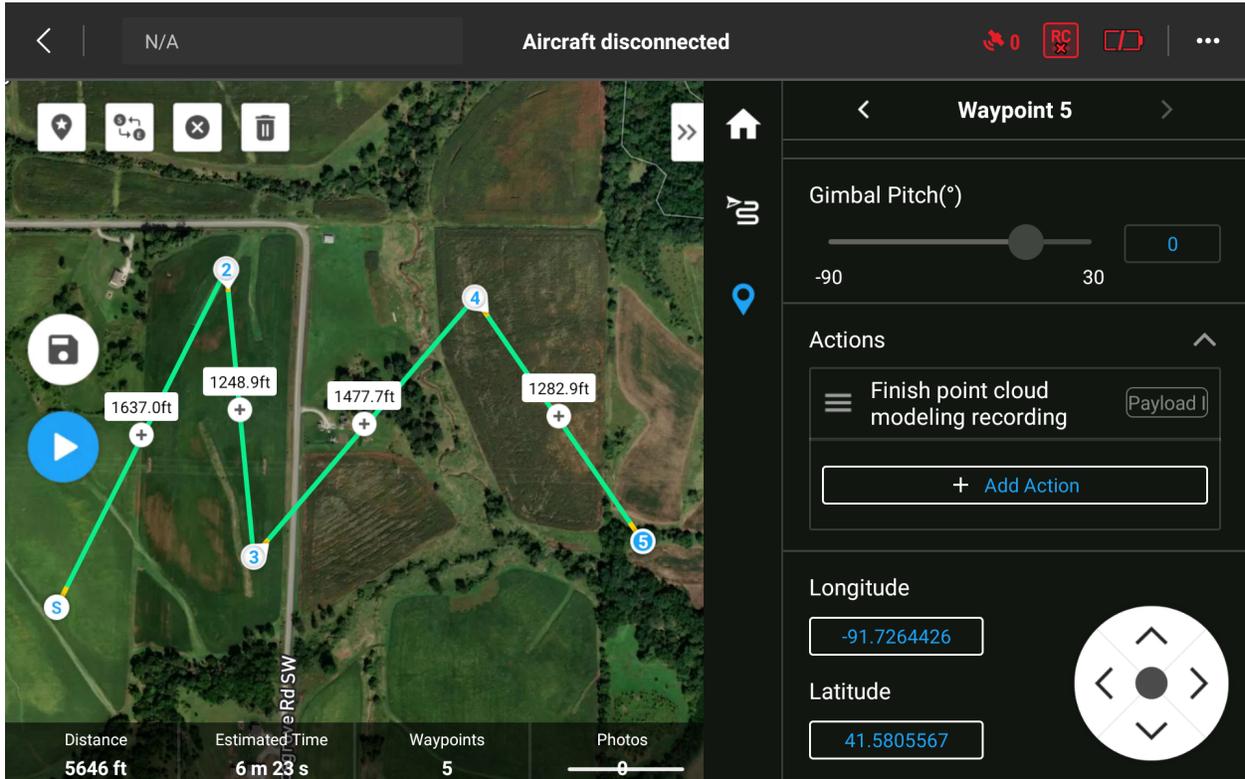


그림: 웨이포인트 비행 임무에 삽입된 IMU 보정(웨이포인트 1에서 포인트 클라우드 모델링 시작 및 웨이포인트 5에서 종료)

3.3 RGB 카메라 재보정

L1에 고스팅 효과가 있는 포인트 클라우드에 여러 선이 나타나는 등 일반적인 색상화 문제가 있는 경우 사용자는 아래 단계에 따라 L1 RGB 카메라의 내부 및 외부 매개변수를 재보정해야 합니다. 시작하기 전에 다음을 참조하여 펌웨어 버전을 확인하십시오. [섹션 1. 지원되는 펌웨어 및 소프트웨어 버전](#).

참고: 이는 DJI Terra Pro 및 고급 버전에 포함된 프리미엄 기능입니다.

3.3.1 교정 데이터 수집

- DJI 파일럿 앱에서 2D 매핑 미션을 생성하고 약 200m*200m의 영역을 그립니다. 해당 지역에는 건물과 같은 수직 구조가 있어야 합니다.
- 카메라 유형: Zenmuse L1 - Lidar 매핑;
- 비행 경로 고도: 100m;
- 속도: 10m/s;
- "고도 최적화" 옵션을 활성화합니다.
- 고급 설정에서 측면 오버랩(LiDAR): 50%
- 페이로드 설정에서 "단일 반환", "240kHz" 및 "반복 스캔"을 선택하고 "RGB 컬러링" 옵션을 활성화합니다.
- 미션을 저장하세요.
- L1 카메라 설정에서 카메라 디워핑을 비활성화합니다.

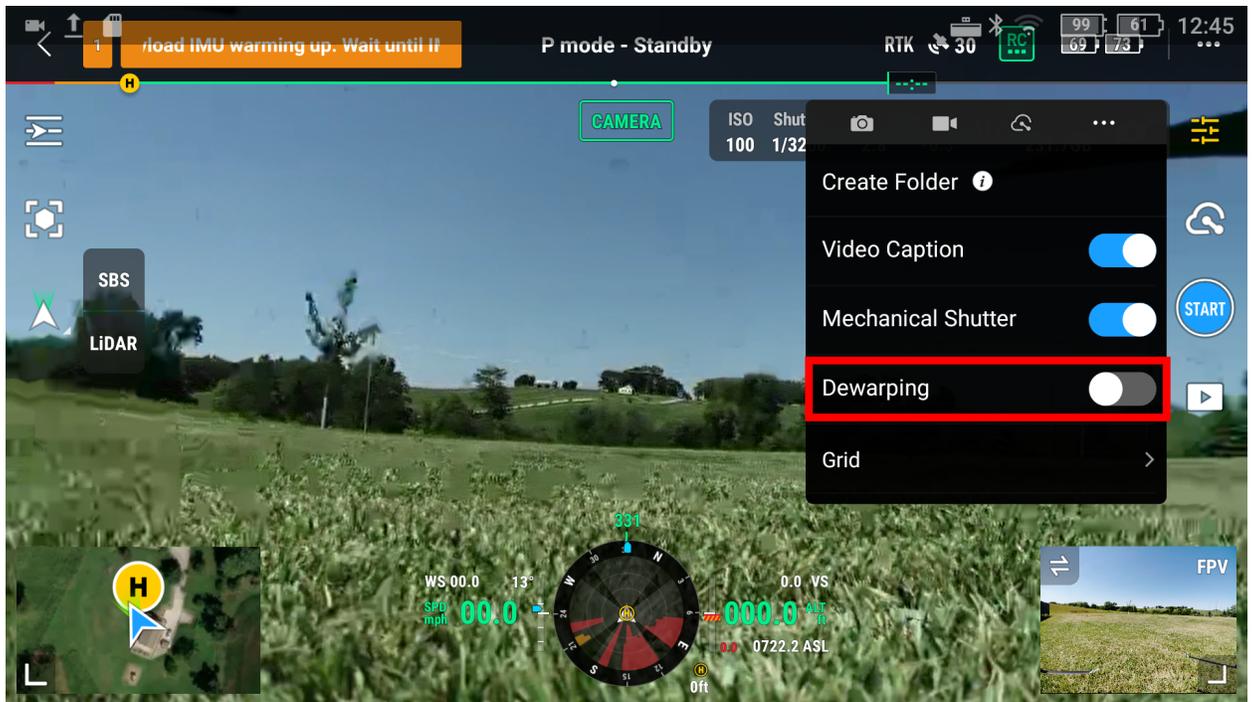


그림: 카메라 설정의 왜곡 보정 옵션

- 비행 임무를 수행하고 L1에서 수집한 원시 데이터 파일을 획득하여 이미지가 깨끗하고 선명한지 확인합니다. 그렇지 않으면 보정에 사용할 수 없습니다.

3.3.2 DJI Terra 소프트웨어를 사용하여 캘리브레이션 파일 생성

- 1). DJI Terra 버전 3.1.0 이상을 사용하여 새로운 "LiDAR 포인트 클라우드 처리" 재구성 임무를 생성하세요.

- 2). 데이터셋 디렉토리를 정의하고 "시나리오" 옵션을 "젠뮤즈 L1 캘리브레이션"으로 변경하여 수집된 데이터셋을 가져옵니다.
- 3). Terra에서 처리를 시작합니다.
- 4). 재구성이 완료되면 포인트 클라우드 모델 색상화가 괜찮은지 확인하세요. 여전히 여러 레이어나 고스팅 효과가 있는 경우 1)과 2) 단계를 반복하세요. 결과가 괜찮으면 이 미션의 보정 파일을 계속 사용할 수 있습니다.
- 5). 접미사가 ".tar"인 교정 파일은 아래와 같이 PROJECT/lidars/terra_L1_cali" 디렉터리에서 찾을 수 있습니다.



그림: 교정 파일 디렉터리

3.3.3 L1에서 교정 파일 실행

- 보정 파일을 microSD 카드의 루트 디렉터리에 저장하고 L1에 삽입한 다음 L1을 M300 RTK에 연결하고 M300 RTK의 전원을 켭니다. 교정이 완료될 때까지 약 5분 정도 기다리십시오. 현재 교정 중에는 앱 알림이 없습니다.
- 교정 프로세스가 완료되었는지 확인하려면 L1에서 microSD 카드를 제거하고 확장자가 ".txt"인 로그 파일을 엽니다. 로그 파일에 "alluccess"가 표시되면 교정 프로세스가 성공한 것입니다.

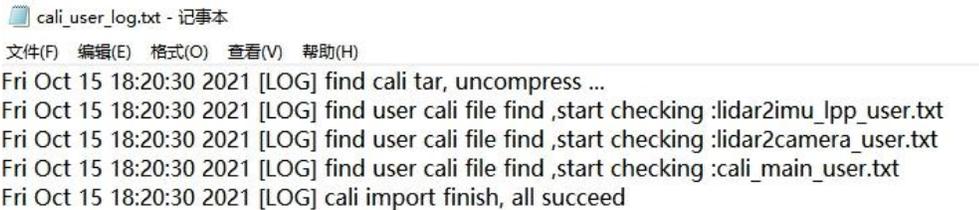
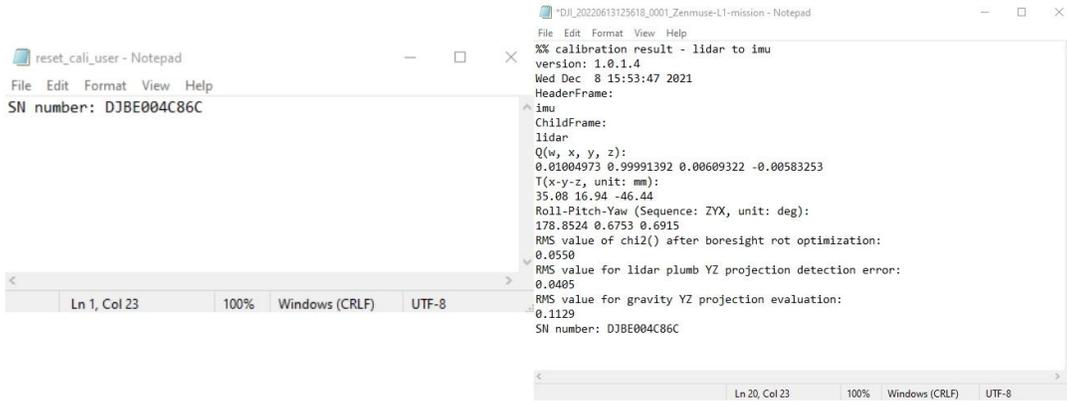


그림: 교정이 성공하면 txt 파일에 "alluccess"가 표시됩니다.

3.3.4 공장 매개변수를 복원하는 방법은 무엇입니까?

L1 센서의 공장 매개변수를 복원해야 하는 경우 다음 단계를 따르십시오.

- 새 .txt 텍스트 파일을 생성하고 이름을 Reset_cali_user로 지정합니다. 파일을 열고 재설정해야 하는 L1의 SN 일련번호를 "SN 번호: XXXXXXXXXXXXXXX" 형식으로 작성합니다. (SN 일련번호는 microSD 카드에 저장된 .CLI 파일에서 찾거나 수동 비행의 오른쪽 점 3개, 점 3개 하위 메뉴, 정보로 이동하여 파일럿 앱의 장치 버전 정보를 확인할 수 있습니다.



- .txt 텍스트 파일을 microSD 카드의 루트 디렉터리에 복사하고 microSD 카드를 보정해야 하는 L1에 삽입한 다음 L1을 M300 RTK에 설치하고 기체 전원을 켜고 약 5분 정도 기다려 보정을 완료합니다. .
- 포인트 클라우드 데이터 세트를 기록하고 L1에서 microSD 카드를 제거합니다. 컴퓨터에 연결하여 .txt 형식의 로그 파일을 확인하세요. 모두 성공이라고 표시되면 재설정이 성공한 것입니다. 사용자는 .CLI 파일의 시간 매개변수가 공장 시간으로 복원되었는지 여부도 확인할 수 있습니다.

3.4 비행임무계획

DJI 파일럿 앱을 사용하여 측량 지역의 비행 임무를 사전 계획하여 다각형 지역이나 스트립 지역의 자동 데이터 캡처를 활성화할 수 있습니다. 일반적인 시나리오에 대한 자세한 매개변수 권장 사항은 다음과 같습니다.

3.4.1 지형측량

이는 지형도, 등고선 등을 생성하는 LiDAR의 일반적인 시나리오입니다. 나무 높이와 수관 밀도를 측정하여 산림 재고 모니터링에도 적용할 수 있습니다.

"매핑 미션"을 만듭니다. 대상 지역의 KML 파일을 가져오거나 지도에 해당 지역을 수동으로 그릴 수 있습니다. 지형 측량에 권장되는 매개변수 설정은 다음과 같습니다.

범주	매개변수 이름	설명 및 권장값
일반적인	카메라 유형	젠뮤즈 L1 LiDAR 매핑
	포인트 클라우드 밀도	이는 평방미터당 포인트 수를 나타냅니다. 비행 고도, 중첩 비율, 비행 속도, 스캔 모드와 같은 매개 변수와 관련이 있습니다. 데이터 출력의 핵심 지표인 포인트 클라우드 밀도는 프로젝트 요구 사항에 따라 먼저 결정되어야 합니다. 그런 다음 이를 기반으로 비행 속도 및 기타 매개변수를 설정해야 합니다.
	IMU 구경 측정	활성화됨
	고도 모드	일반적으로 이륙점 기준(ALT)이 기본적으로 선택됩니다. EGM96 고도로 임무를 계획해야 하는 경우 ASL(EGM96)을 선택할 수 있습니다.
	비행경로 고도	권장 비행 고도는 50~100미터입니다. 지상 물체의 반사율이 10%일 때 L1의 측정 가능 거리는 190미터입니다. 데이터 손실을 방지하려면 비행 고도가 150미터를 초과해서는 안 됩니다.

	표적 표면 이륙 지점	기본적으로 0입니다. 이 값은 목표 표면과 이륙 지점 사이에 표고 차이가 있는 경우 조정될 수 있습니다.
	이륙하다 속도	최대로 설정할 수 있습니다.
	속도	비행 속도는 원하는 포인트 클라우드 밀도에 따라 조정될 수 있습니다. 5~10m/s가 권장됩니다.
고급의 설정	측면 오버랩	최소 50% 이상을 권장합니다.
	코스 각도	귀하의 필요에 맞게 조정될 수 있습니다
	여유	기본적으로 0입니다. 귀하의 필요에 맞게 조정될 수 있습니다
	사진 모드	시간 간격 촬영
유효 탑재량 설정	에코 모드 그리고 라이더 샘플링 속도	더 나은 침투를 위해 Triple Echo 및 160kHz를 사용할 수 있습니다. 듀얼 에코 및 240kHz를 최대 포인트로 사용할 수 있습니다.
	스캔 모드	반복하다

	RGB 착색	~에
--	-----------	----

지형 추적 미션을 활성화하는 방법은 무엇입니까?

지형 따라가는 비행

DJI L1은 비행 계획 매핑을 위한 지형 추적을 지원합니다. 정확한 지형 추적 비행을 수행하려면 DJI 파일럿 앱을 사용하여 매핑 임무에서 지형 추적을 활성화하고 고도 정보가 포함된 DSM 파일을 가져옵니다.

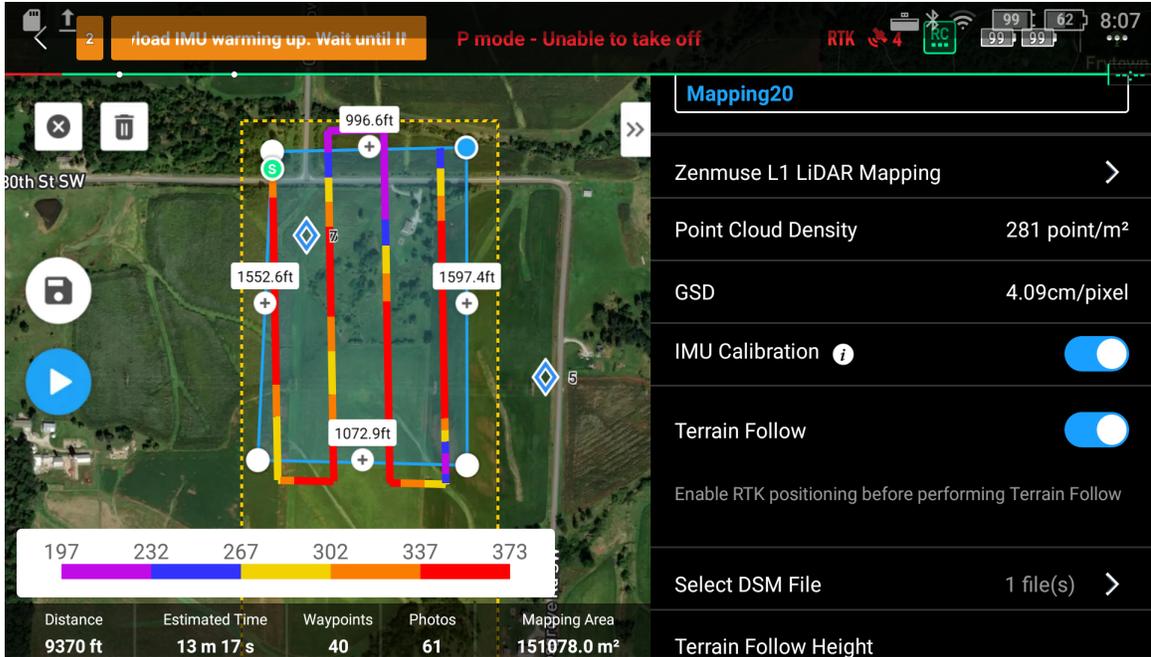
지형에 대한 DSM 파일을 준비하려면 다음 임무를 수행하십시오.

측정 영역의 DSM 파일은 다음 두 가지 방법을 통해 얻을 수 있습니다.

1. 매핑 영역의 2D 이미지 데이터를 수집하고 DJI Terra를 통해 2D 재구성을 수행합니다. 처리 시 반드시 WGS 84를 좌표계로 사용하시기 바랍니다. DJI Terra로 처리한 후 .tif 파일이 생성되며 microSD를 사용하여 조종기로 가져올 수 있습니다.
2. 온라인 데이터베이스에서 지형 데이터를 다운로드하여 조종기의 microSD 카드로 가져옵니다.

DSM 파일이 투영 좌표계 대신 WGS84 좌표계를 사용하고 있는지 확인하십시오.. 그렇지 않으면 가져온 파일이 인식되지 않습니다. 가져온 파일의 해상도는 10미터를 넘지 않는 것이 좋습니다.

파일 가져오기:



1. 매핑 미션에서 지형 추적 및 IMU 보정 활성화
2. "DSM 파일 선택"을 누르고 +를 누른 다음 microSD 카드에서 파일을 선택하고 가져옵니다.

1) 조사지역의 DSM 파일을 준비한다.

지형 추적 임무를 수행하려면 지형의 고도 정보가 포함된 DSM 파일을 가져와야 합니다. Terrain Follow Mission에 사용되는 DSM 파일은 투영된 좌표가 아닌 WGS84 좌표계를 사용해야 합니다. 파일 크기는 20MB를 초과할 수 없으며 권장 해상도는 10미터 미만입니다.

테스트 영역의 DSM 파일은 아래 두 가지 방법 중 하나로 얻을 수 있습니다.

- A. 대상 지역의 2D 데이터를 수집하고 DJI Terra에서 2D 재구성을 수행합니다. 미션 파일의 "map" 폴더에 "gsddsm.tif" 파일이 생성됩니다. 지형 추적을 위해 DJI 파일럿 앱으로 가져올 수 있습니다.

Name	Date modified	Type	Size
AT	6/24/2022 6:24 PM	File folder	
images	6/24/2022 6:22 PM	File folder	
map	6/24/2022 6:25 PM	File folder	

17	6/24/2022 6:25 PM	File folder	
18	6/24/2022 6:25 PM	File folder	
report	6/24/2022 6:25 PM	File folder	
dsm.prj	6/24/2022 6:25 PM	PRJ File	1 KB
dsm.tfw	6/24/2022 6:25 PM	TFW File	1 KB
dsm	6/24/2022 6:25 PM	TIF File	2,989 KB
gsddsm.prj	6/24/2022 6:25 PM	PRJ File	1 KB
gsddsm.tfw	6/24/2022 6:25 PM	TFW File	1 KB
<input checked="" type="checkbox"/> gsddsm	6/24/2022 6:25 PM	TIF File	44 KB
result.prj	6/24/2022 6:25 PM	PRJ File	1 KB
result.tfw	6/24/2022 6:25 PM	TFW File	1 KB
result	6/24/2022 6:25 PM	TIF File	8,466 KB
SDK_Log	6/24/2022 6:25 PM	Text Document	86 KB

그림: 폴더 아이콘을 클릭한 다음 지도 폴더로 이동하여 "gsddsm.tif" 파일을 찾습니다.

B. 사용자는 또한 파일럿 앱을 사용하여 지형 따라가는 비행을 위해 ASTER GDEM V3 30m 고도 모델을 직접 다운로드하고 선택할 수도 있습니다.

2) DSM 파일을 DJI Pilot 앱으로 가져옵니다.

지형 추적 및 IMU 교정 비행 옵션을 동시에 활성화할 수 있습니다.

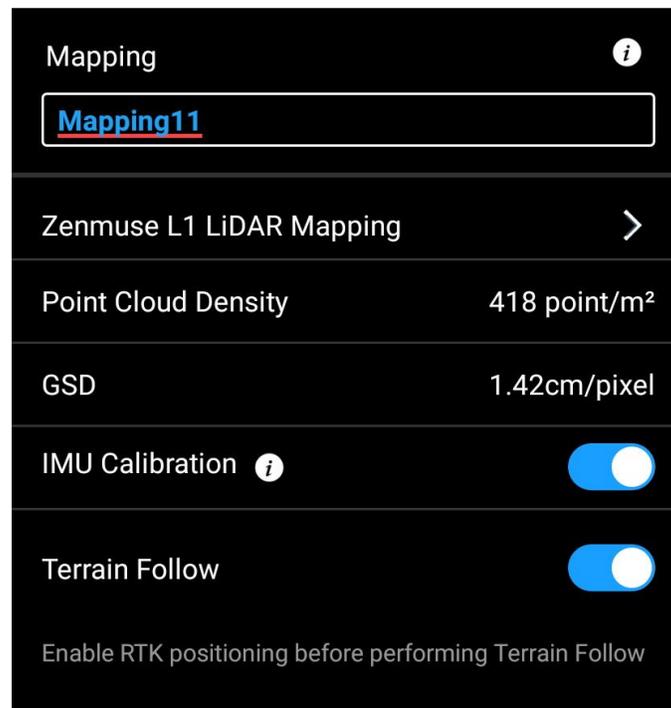


그림: DJI Pilot 앱의 지형 추적 옵션

DSM 파일을 SD 카드에 넣고 RC에 삽입할 수 있습니다. 그런 다음 "DSM 파일 선택"을 클릭하고 SD 카드에서 DSM 파일을 선택합니다.

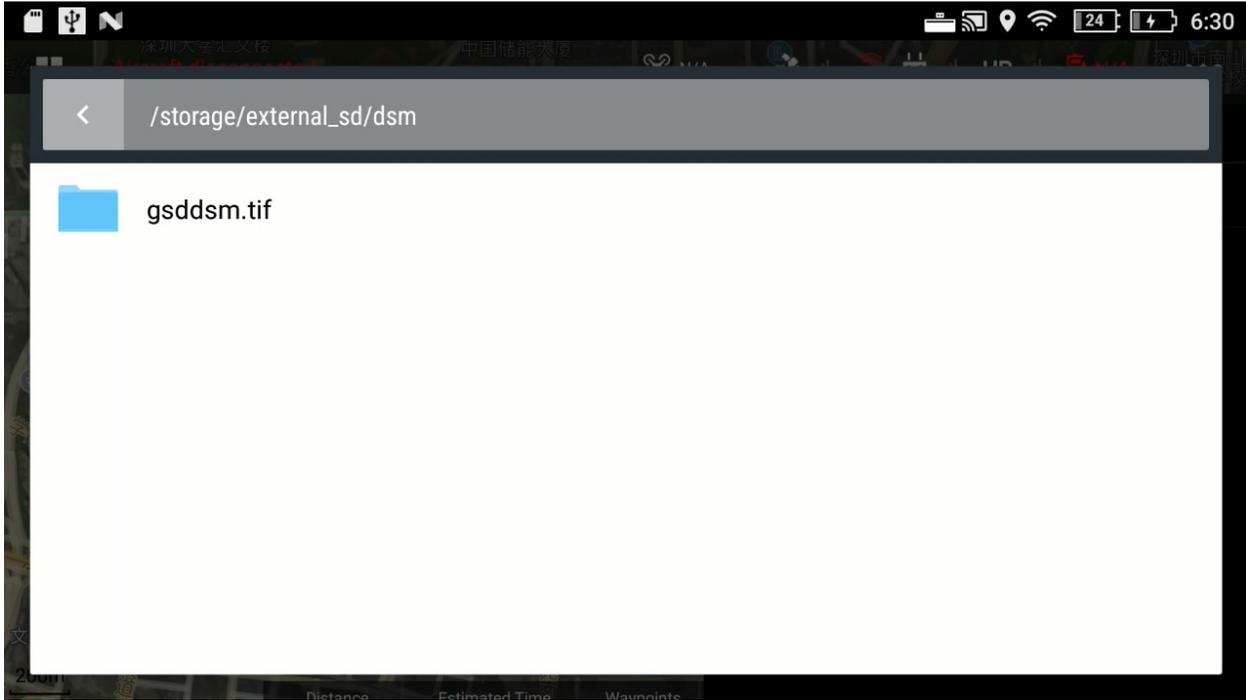


그림: SD 카드에서 DSM 파일 선택

이제 지도에서 DSM 파일이 포함하는 영역을 볼 수 있습니다. 그런 다음 이 영역 내에서 조사 영역을 계획할 수 있습니다.

지형 추적은 조사 영역의 표고차가 100미터 이상일 때 권장됩니다.

3.4.2 강둑/도로 측량

조사 지역이 도로, 철도, 강둑 등과 같이 좁은 토지인 경우 선형 비행 모드를 L1 임무 계획에 사용할 수 있습니다.

범주	매개변수 이름	설명 및 권장값
일반적인	카메라 유형	젠뮤즈 L1 LiDAR 매핑

	단일 경로	<p>기본적으로 꺼짐</p> <p>활성화되면 항공기는 경로를 따라 단일 비행 경로만 비행합니다.</p>
	포인트 클라우드 밀도	<p>이는 평방미터당 포인트 수를 나타냅니다. 비행 고도, 중첩 비율, 비행 속도, 스캔 모드와 같은 매개 변수와 관련이 있습니다. 데이터 출력의 핵심 지표인 포인트 클라우드 밀도는 프로젝트 요구 사항에 따라 먼저 결정되어야 합니다. 그런 다음 이를 기반으로 비행 속도 및 기타 매개변수를 설정해야 합니다.</p>
비행 밴드	왼쪽 오른쪽 연장 길이	<p>조사 영역의 너비에 따라 조정될 수 있습니다. 정확성을 보장하려면 하나의 대역을 포함하는 비행 경로가 3개 이상 있도록 이 값을 조정하는 것이 좋습니다.</p>
	비행 밴드 절단 거리	기본값으로
비행 밴드 페이로드 설정	에코 모드 및 라이더 샘플 비율	<p>더 나은 침투를 위해 Triple Echo 및 160kHz를 사용할 수 있습니다.</p> <p>듀얼 에코 및 240kHz를 최대 포인트로 사용할 수 있습니다.</p>
	스캔 모드	반복하다

	RGB 컬러링	~에
비행경로	센터 포함 선	활성화하는 것이 좋습니다.
	고도 모드	기본적으로 이륙 지점(ALT) 기준
	비행경로 고도	50~100미터를 권장합니다. 최대 150 미터
	대상 표면 이륙 지점으로	기본적으로 0
	속도	비행 속도는 원하는 포인트 클라우드 밀 도에 따라 조정될 수 있습니다. 8~12m/s 가 권장됩니다.
	IMU 교정	활성화됨
	사진 모드	시간 간격 촬영

<p>비행 경로 고급 설정</p>	<p>측면 오버랩</p>	<p>최소 50% 이상을 권장합니다.</p>
----------------------------	---------------	--------------------------

3.4.3 전력선

L1은 전송선로 및 전력주의 점구름 데이터를 수집하는데 사용될 수 있습니다. 전력선 회랑에 기록이 있으며, 권장 작업 흐름은 "라이브 미션 기록" 기능을 사용하여 웨이포인트 비행 미션을 생성하여 다양한 높이로 비행할 수 있도록 하는 것입니다.

3.5 체크포인트 설정

지형측량 임무에서 체크포인트는 포인트 클라우드 정확도를 검증하기 위해 사용될 수 있습니다. L1에서 출력된 결과는 LAS 형식의 3D 포인트 클라우드 데이터입니다. 시각 카메라로 얻은 3D 모델과 달리 포인트 클라우드는 구조적인 정보를 포함하지 않기 때문에 체크포인트가 가시광선 측량과 다릅니다. 일반 사진측량 마커를 사용하고 RGB 모드에서 체크포인트를 표시하면 색상화로 인한 추가 오류가 발생합니다. Terra의 L1 데이터는 GCP 관리 기능이 지원되지 않습니다.

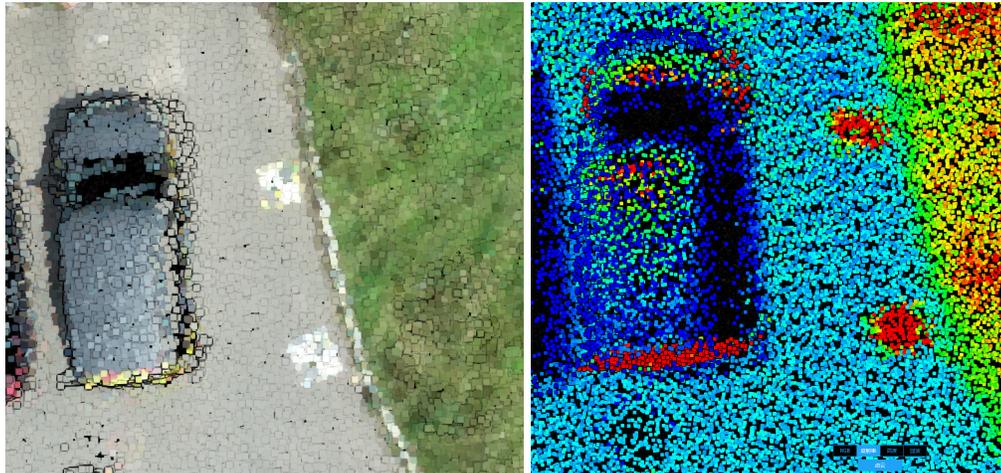


그림: 일반적인 사진 측정 검사점의 예 - 반사율 모드에서는 라이다의 중심을 구분할 수 없으므로 라이다에 권장되지 않습니다.

LiDAR에는 아래와 같이 두 가지 유형의 체크포인트가 권장됩니다.

3.5.1 3D 체크포인트

L1 포인트 클라우드는 반사 모드로 표시될 수 있습니다. 따라서 체크포인트에 반사율의 차이가 크게 표시되면 포인트 클라우드 모델에서 명확하게 인식할 수 있습니다. 체크포인트 표시에는 반사율이 높은 페인트를 사용하는 것이 좋습니다. 체크포인트 크기는 1m x 1m보다 커야 합니다. DJI Terra에서 체크포인트를 측정할 때 RGB 디스플레이 모드를 사용하여 체크포인트의 대략적인 위치를 찾은 다음 반사율 표시 모드로 전환하여 체크포인트 중심 좌표를 정확하게 측정할 수 있습니다.



그림: 현장의 3D 체크포인트 예(흰색 페인트는 반사율이 높고 검은색 페인트는 반사율이 낮음)

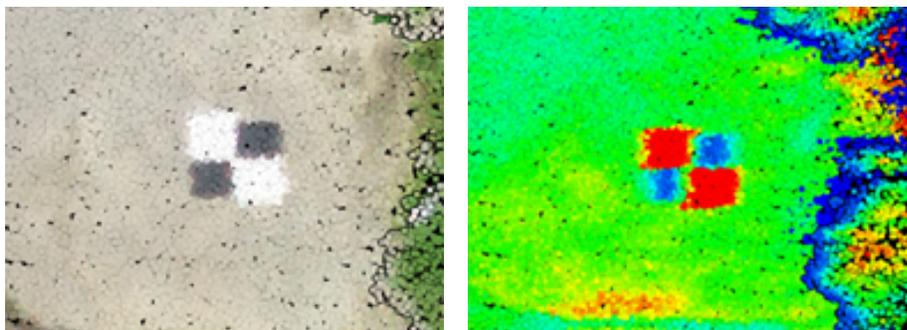


그림: 포인트 클라우드에 표시된 체크포인트(왼쪽: RGB, 오른쪽: 반사도)

또한 측량지역에 얼룩말교차점 등 반사율 차이가 뚜렷한 물체가 있는 경우에도 체크포인트로 활용이 가능합니다.

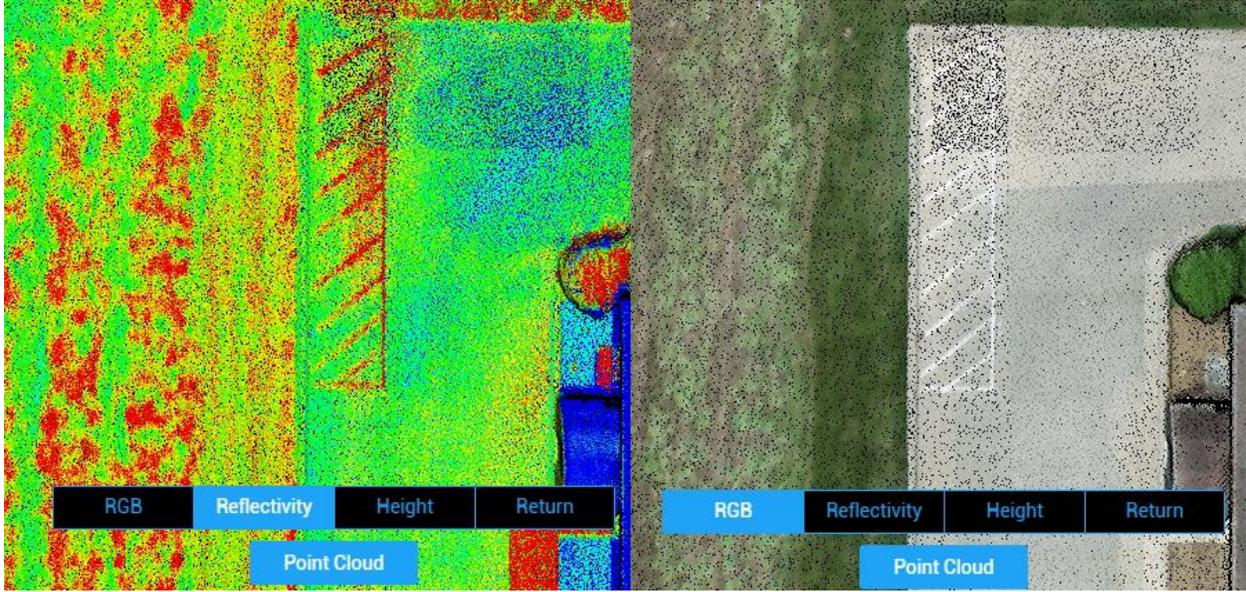


그림: 포인트 클라우드 결과의 주차장 선(왼쪽: 반사율, 오른쪽: RGB)

3.5.2 고도 체크포인트

Terra 소프트웨어에서 L1 포인트 클라우드 출력의 고도 정확도를 확인하려면 체크포인트 파일을 가져올 수 있습니다. 이렇게 하려면 고급 옵션 아래의 "정확도 검사"에서 검사 파일을 선택하세요. 계속하기 전에 좌표가 포함된 체크포인트 파일을 사용할 수 있는지 확인하세요.

TerraSolid, LiDAR360 또는 Point Cloud Automata와 같은 타사 포인트 클라우드 분석 소프트웨어를 사용하는 경우 고도 정확도 보고서를 출력하는 기능을 제공할 수 있습니다. 일반적으로 고도 정확도 확인 기능은 LiDAR 시스템의 수평 정확도는 무시할 수 있다는 가정을 기반으로 하며 검문소 근처의 지점은 모두 동일한 고도 계획에 있습니다.

따라서 최소 1m*1m 크기의 평평한 표면에 표고 체크포인트를 설정하는 것이 좋습니다. 검문소는 모두 같은 평면에 위치하는 것이 아니라 조사 지역에 고르게 분포되어야 하며 고도에 차이가 있어야 합니다. LiDAR의 침투성을 테스트하려면 나무 아래에 특정 개수의 체크포인트를 설정하는 것이 좋습니다.

Use	Number	Easting	Northing	Known Z	Laser Z	Dz
<input checked="" type="checkbox"/>	2000	496011.90	7451657.23	257.547	257.606	+0.059
<input checked="" type="checkbox"/>	2001	496016.24	7451659.99	257.481	257.528	+0.047
<input checked="" type="checkbox"/>	2002	496017.43	7451662.23	257.430	257.512	+0.082
<input checked="" type="checkbox"/>	2003	496019.28	7451663.93	257.465	257.541	+0.076
<input checked="" type="checkbox"/>	2004	496021.41	7451665.71	257.466	257.519	+0.053
<input checked="" type="checkbox"/>	2005	496045.07	7451648.91	257.573	257.587	+0.014
<input checked="" type="checkbox"/>	2006	496044.68	7451648.50	257.562	257.610	+0.048
<input checked="" type="checkbox"/>	2007	496043.53	7451647.54	257.593	257.649	+0.056
<input checked="" type="checkbox"/>	2008	496042.92	7451646.99	257.617	257.648	+0.031
<input checked="" type="checkbox"/>	2009	496041.54	7451645.93	257.642	257.686	+0.044
<input checked="" type="checkbox"/>	2010	496040.87	7451645.38	257.641	257.694	+0.053
<input checked="" type="checkbox"/>	2011	496039.66	7451644.42	257.661	257.721	+0.060
<input checked="" type="checkbox"/>	2012	496039.01	7451643.82	257.683	257.727	+0.044
Average magnitude		0.0623		Average dz		+0.0623
Std deviation		0.0230		Minimum dz		+0.0140
Root mean square		0.0662		Maximum dz		+0.1170

그림: Terrasolid가 생성한 고도 정확도 보고서

3.6 현장 데이터 수집

3.6.1 예열을 위해 L1 전원 켜기

데이터를 기록하기 전에 L1을 M300 RTK의 단일 하향 짐벌에 연결하고 전원을 켜서 L1을 예열해야 합니다. 예열에는 약 3~5분 정도 소요됩니다. "페이로드 IMU 워밍업" 프롬프트가 나타날 때까지 기다립니다.

3.6.2 비행임무수행

미션 설정에서 IMU 교정 기능이 활성화된 경우 드론은 셔틀 비행을 수행하여 자동으로 IMU 교정을 수행합니다. 교정 중에는 데이터가 수집되지 않습니다.

비행 중에 왼쪽 옵션을 눌러 카메라, LiDAR 및 SBS(병렬) 보기 간에 전환할 수 있습니다. 비행 임무가 일시 중지되었다가 재개되면 드론은 중단점에서 자동으로 IMU 교정을 수행합니다.

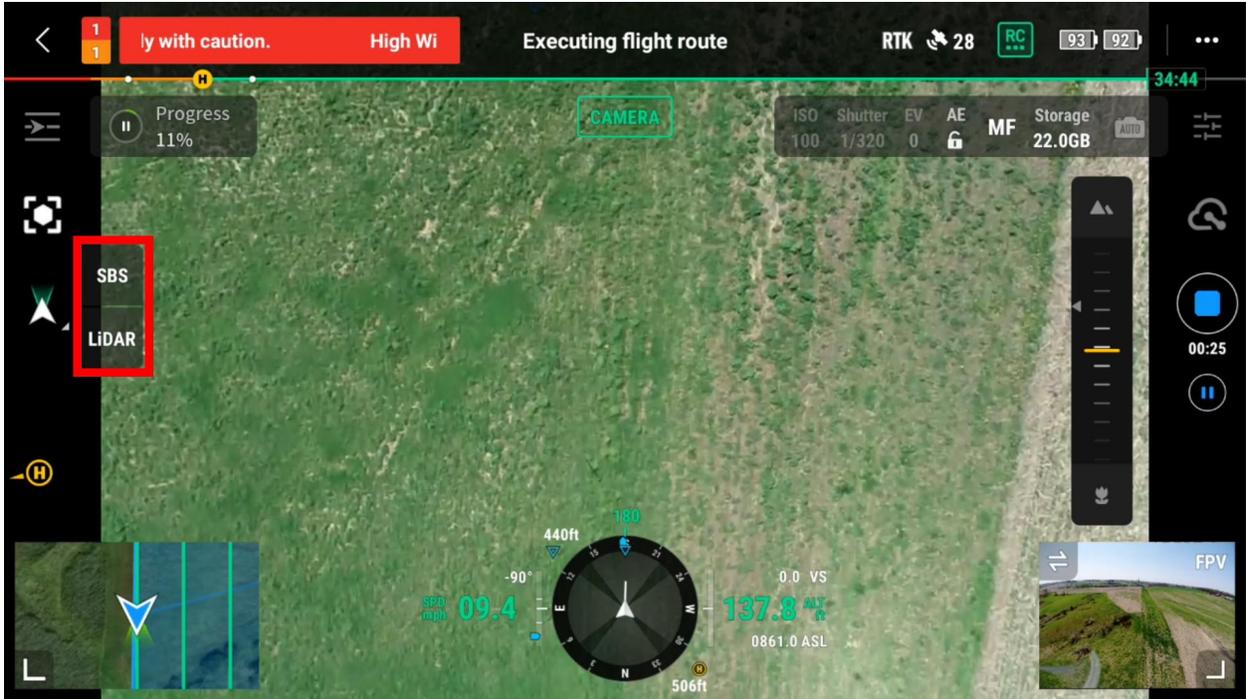


그림: 자동 비행 화면(카메라 보기)



그림: 자동 비행 화면(LiDAR 보기)

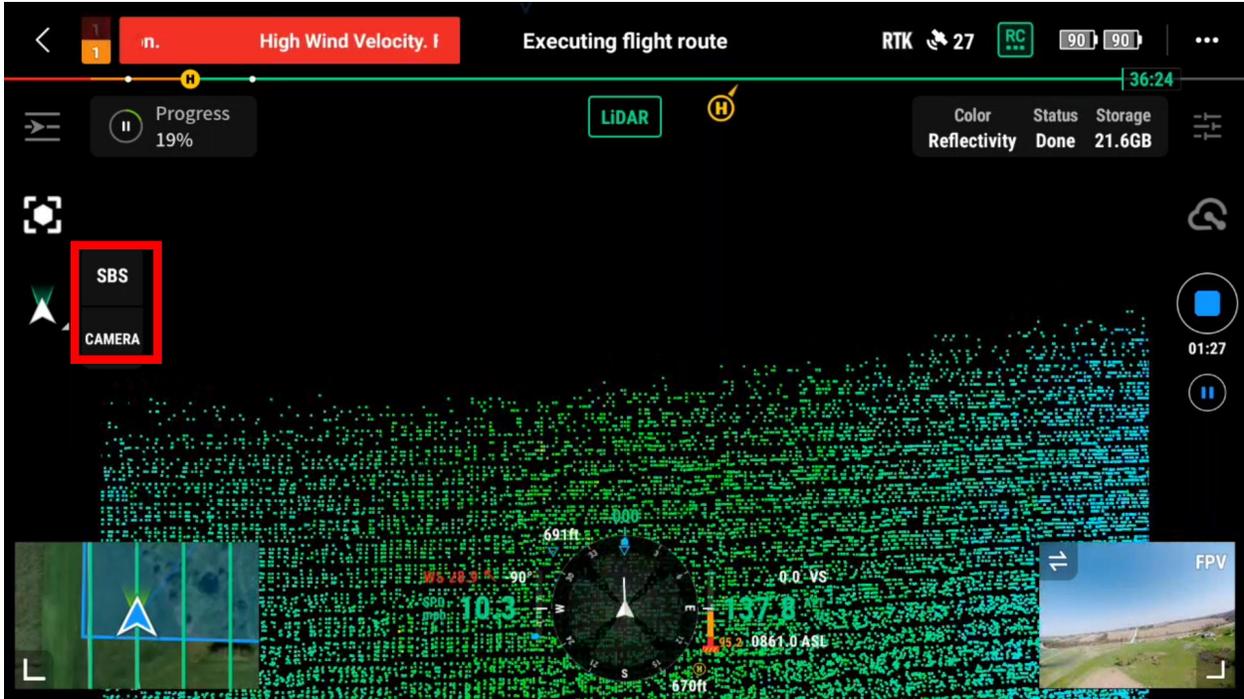


그림: 자동비행 화면(SBS 보기)

3.6.3 수동 데이터 수집

건물 정면, 전력선 또는 기타 복잡한 구조물의 L1 데이터를 수집해야 하는 경우 수동 비행도 옵션입니다.

L1 카메라 매개변수

"MENU"에서 L1 매개변수를 설정할 수 있습니다. 수동 비행에 권장되는 매개변수 값은 "비반복 스캔", "듀얼 에코", "240kHz 샘플 속도", "RGB 컬러링" 켜짐, 촬영 간격은 3초입니다. 비행 전에 Ntrip이 제대로 연결되어 있는지 또는 RTK 베이스 스테이션이 설정되어 있는지 확인하세요.

RGB 색상은 L1의 가시광선 카메라가 동시에 사진을 찍어 LiDAR 포인트 클라우드 데이터를 수집한다는 의미입니다. 야간 작업 중을 제외하고는 항상 이 옵션을 활성화하는 것이 좋습니다.

포인트 클라우드 레코드

대상 지역 근처로 드론을 비행하고 짐벌을 데이터 수집에 적합한 각도로 조정합니다. 그런 다음 뷰어 왼쪽의 "LiDAR" 옵션을 클릭하여 포인트 클라우드 화면으로 이동한 후 포인트 클라우드 녹화 버튼을 클릭하여 녹화를 시작합니다. 수동 비행 중에는 5~12m/s의 속도와 50~100m의 피사체와의 거리를 권장합니다. 수동 비행 중 기체가 100초 동안 일정한 속도로 비행하면 포인트 클라우드 기록을 일시 중지하고 IMU 보정을 수행한 다음 포인트 클라우드 기록을 다시 시작해야 합니다.

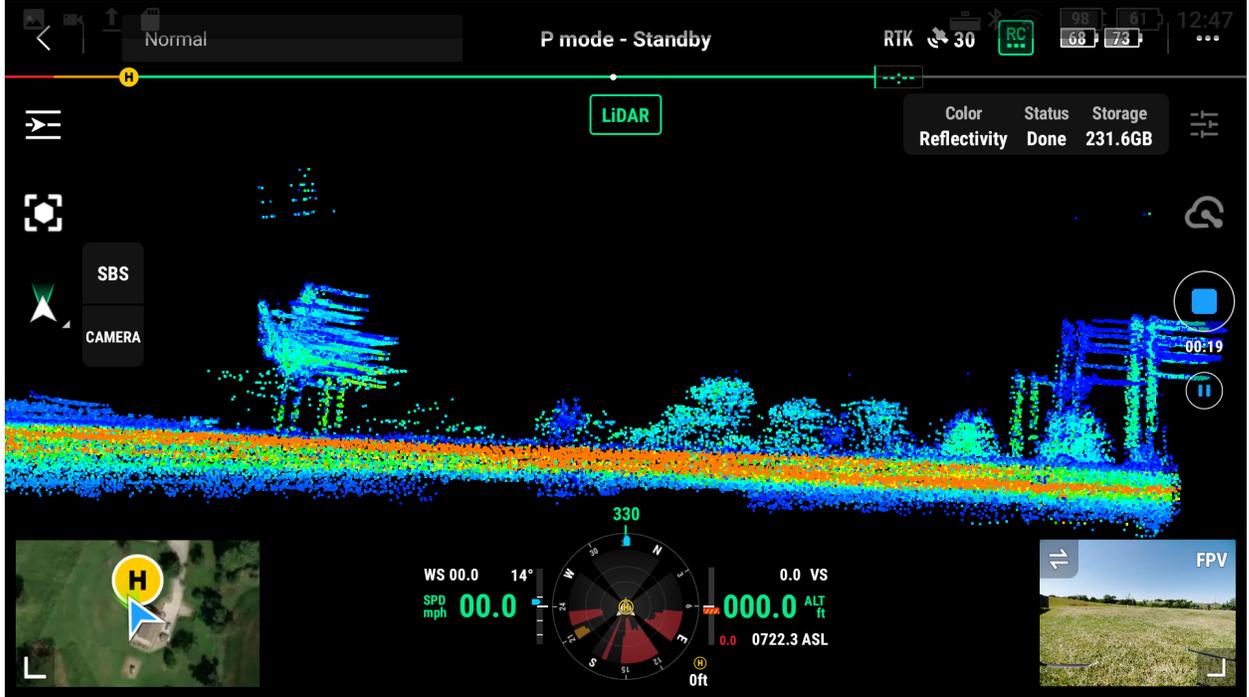


그림: 수동 비행 화면

참고: 드론이 지면에 고정되어 있거나 공중에 떠 있을 때는 데이터를 수집하지 마십시오. 그렇지 않으면 DJI Terra가 데이터 후처리 과정에서 재구성 오류가 발생할 수 있습니다.

3.7 데이터 저장

수동 비행 모드에서 수집된 포인트 클라우드 데이터와 RGB 이미지(RGB 색상이 활성화된 경우)는 L1의 마이크로 SD 카드 DCIM/DJI_YYYYMMDDHHMM_일련번호_XXX에 저장됩니다. 시간별로 데이터를 검색할 수 있습니다.

비행 미션이 완료되면 수집된 데이터는 마이크로 SD 카드의 DCIM 폴더에 저장되며 미션 이름을 따서 명명됩니다.

LiDAR 파일에는 CLC(LiDAR 카메라 교정 데이터), CLI(LiDAR IMU 교정 데이터), CMI(시각적 교정 데이터), IMU(관성 항법 데이터), LDR(LiDAR 포인트 클라우드 원시 데이터), MNF(LiDAR 포인트 클라우드 원시 데이터) 접미사가 붙은 파일이 포함되어야 합니다. 현재는 영향 없이 생략된 시각적 데이터), RTB(RTK 기지국 데이터), RTK(RTK 메인 안테나 데이터), RTS(RTK 서브 안테나 데이터) 및 RTL(로드 암 데이터)입니다. 모델 컬러링을 활성화하면 JPG 파일(사진 데이터)도 생성됩니다.

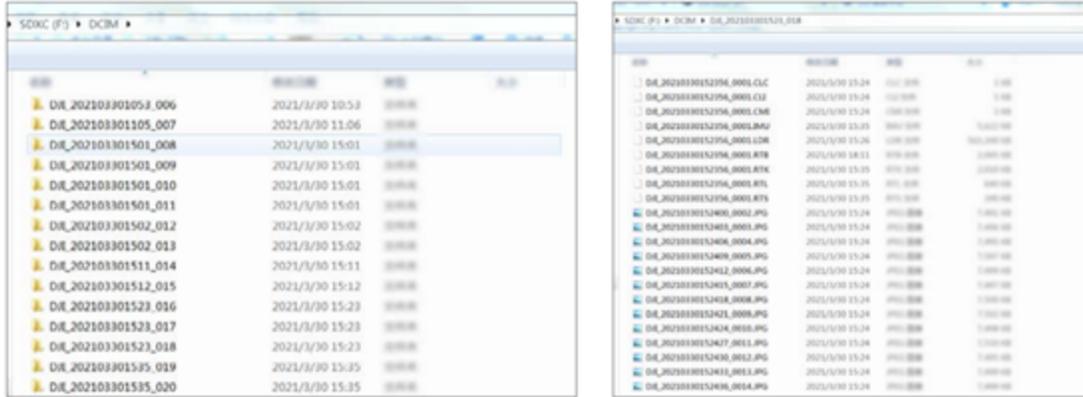


그림: 테스트 데이터 폴더 및 해당 내용의 예

.RTB 파일이 누락된 경우 RTK가 비행 중에 연결되지 않았거나 연결이 끊어졌기 때문입니다. [참고하세요 섹션 3.1](#) RTK/PPK 설정에 대한 자세한 요구 사항을 확인하세요.

4. DJI Terra로 L1 데이터 처리하기

4.1 컴퓨터 준비

L1 데이터 처리를 위해서는 컴퓨터에 NVIDIA 그래픽 카드와 최소 4GB의 VRAM이 장착되어 있어야 합니다. CPU는 i5 이상이어야 하며, 원시 포인트 클라우드 파일 1GB당 4GB의 메모리가 필요합니다. Terra에서 처리할 원시 포인트 클라우드 데이터의 크기를 결정하려면 아래 표를 참조할 수 있습니다.

Graphic Card	RAM	Max Size of Raw Point Cloud
GeForce GTX 1050Ti with 4GB of VRAM	16GB	4GB
	32GB	8GB
	64GB	16GB
	128GB	32GB

그림: 컴퓨터 메모리와 최대 원시 포인트 클라우드 파일 크기 간의 대응

포인트 클라우드 정확도 최적화를 제외한 모든 L1 LiDAR 데이터 처리 기능은 무료입니다. DJI 웹사이트에서 소프트웨어를 다운로드하고 설치할 수 있습니다.

<https://www.dji.com/downloads/products/dji-terra>

포인트 클라우드 정확도 최적화: 활성화된 경우 DJI Terra는 포인트 클라우드 데이터를 최적화합니다 전체적으로 일관성을 높이기 위해 처리하는 동안 서로 다른 시간에 수집됩니다. 이 기능은 DJI Terra Pro 및 고급 버전에 포함된 프리미엄 기능입니다. 각 L1에는 Electricity 버전에 대한 6개월 라이선스가 제공 됩니다.

패키지에서 라이선스 정보를 찾을 수 있습니다. 참고: 무료 DJI Terra 라이선스를 사용하면 장치 1개만 바인딩할 수 있고 바인딩 해제는 불가능합니다.

4.2 재구성 단계

1) "Reconstruction" 탭에서 미션을 생성하고 미션 유형으로 "LiDAR Point Cloud"를 선택합니다.

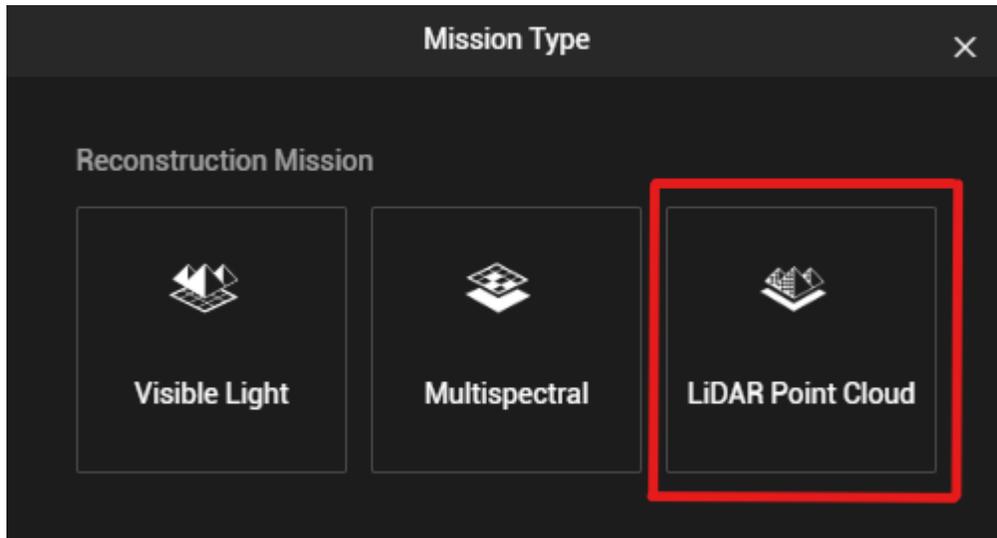


그림: LiDAR 포인트 클라우드 처리 유형

2) LiDAR 포인트 클라우드 데이터를 폴더로 추가하려면 클릭하세요.

선택한 폴더에는 점미사 CLC, CLI, CMI, IMU, LDR, RTB, RTK, RTL 및 RTS가 있는 파일이 포함되어야 합니다. JPG 사진은 필요하지 않습니다.

여러 항공편의 데이터를 하나의 LAS 파일로 병합하는 방법은 무엇입니까?

여러 항공편의 데이터 폴더를 하나의 디렉터리에 넣고 데이터 파일이 포함된 이 상위 폴더를 선택할 수 있습니다. 이렇게 하면 단 하나의 LAS 파일만 얻게 됩니다.

또는 처리를 위해 여러 L1 데이터 파일 폴더를 선택할 수 있습니다. 그러면 각 폴더에 대한 LAS 파일이 생성됩니다.

3) 포인트 클라우드 밀도 선택

처리할 포인트 클라우드 데이터의 100%, 25%, 6.25%에 해당하는 높음, 중간, 낮음의 세 가지 밀도 수준을 사용할 수 있습니다. 점 구름 밀도는 결과 점 수에만 영향을 미칩니다. 결과의 정확성에는 큰 영향을 미치지 않습니다.

4) 출력 좌표계 설정

프로젝트 요구사항에 따라 좌표계를 설정합니다.

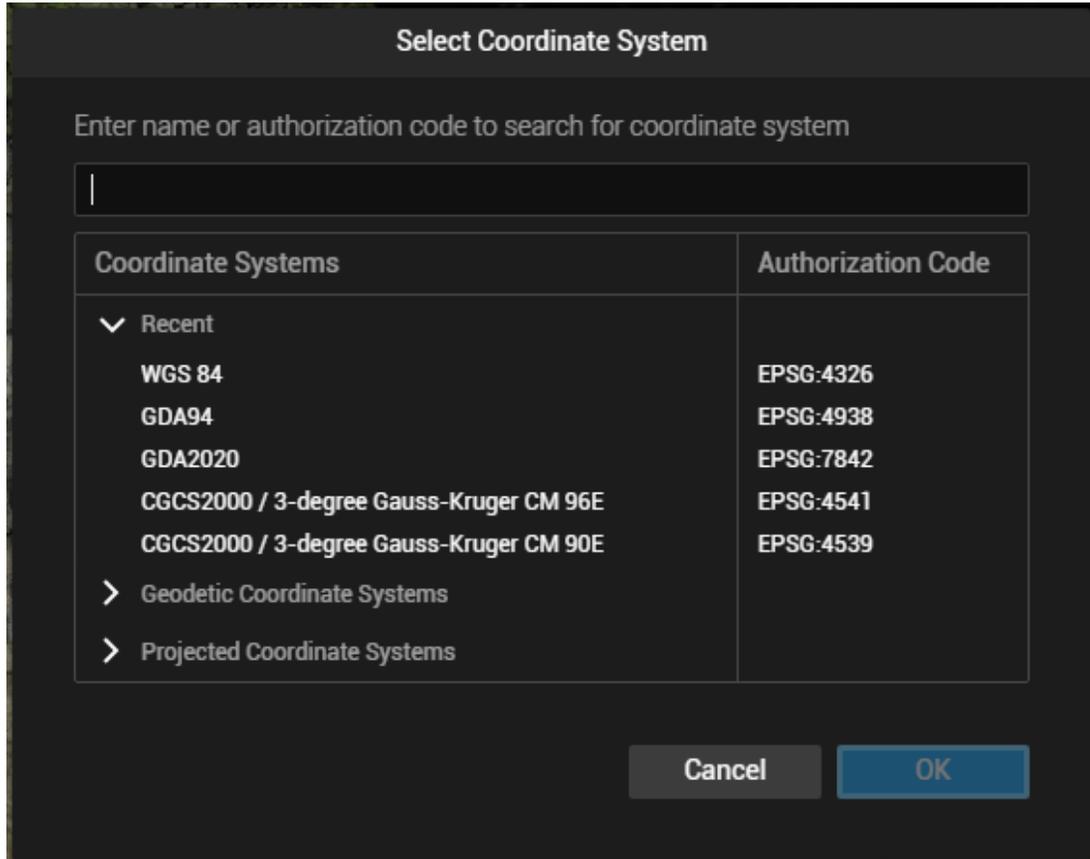


그림: 좌표계 선택

대부분의 포인트 클라우드 분석 소프트웨어에서는 사용자가 측지 좌표계에서 LAS 포인트 클라우드를 볼 수 없습니다. 측지 좌표계를 출력 좌표계(예: WGS84: EPSG 4326)로 선택한 경우 타사 소프트웨어(예: CloudCompare 또는 LiDAR360)로 열면 결과가 제대로 표시되지 않을 수 있습니다. 이 문제를 방지하려면 투영 시스템을 출력 좌표계로 선택해야 합니다.

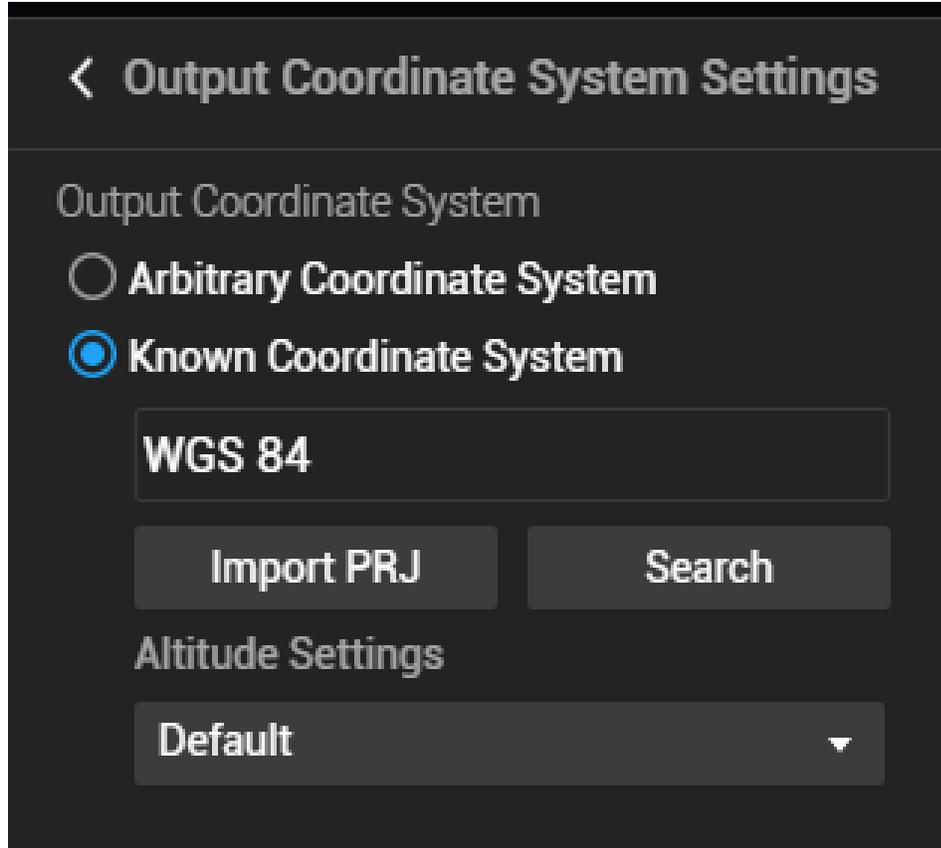


그림: 위의 WGS84를 선택하면 다른 소프트웨어에서는 점구름이 한 줄로 표시될 수 있습니다. WGS84 UTM projection과 같은 projection 시스템으로 변경해 주세요.

고도 설정: 기본 설정은 타원형 높이입니다. EGM96, NAVD88 또는 기타 옵션으로 변경할 수 있습니다.

5) 매개변수 설정

포인트 클라우드 유효 거리: LiDAR 방출 중심으로부터 설정값보다 먼 거리에 있는 운점을 후처리 과정에서 필터링합니다. 이 매개변수의 기본값은 250미터입니다. 너무 낮게 설정하지 마십시오. 그렇지 않으면 대부분의 포인트가 필터링됩니다.

포인트 클라우드 정확도 최적화: 이 기능은 서로 다른 시간에 스캔된 포인트 클라우드 데이터의 조정을 최적화하여 전반적인 정확도를 향상시킵니다. 측량 및 매핑 목적으로 이 기능을 활성화하는 것이 좋습니다. **그러나 전력선 재구성을 위해서는 이 옵션을 끄는 것이 좋습니다.** 또한 정확성보다 효율성이 더 중요한 경우 이 기능을 비활성화할 수 있습니다. 활성화하면 처리 시간이 상당히 길어질 수 있기 때문입니다.

부드러운 포인트 클라우드: 이 기능은 포인트 클라우드 밀도를 이산 노이즈로 줄이고 로컬 구조를 보다 명확하게 나타냅니다. 이 기능은 출력 포인트클라우드의 정확성에 잠재적으로 영향을 미칠 수 있습니다.

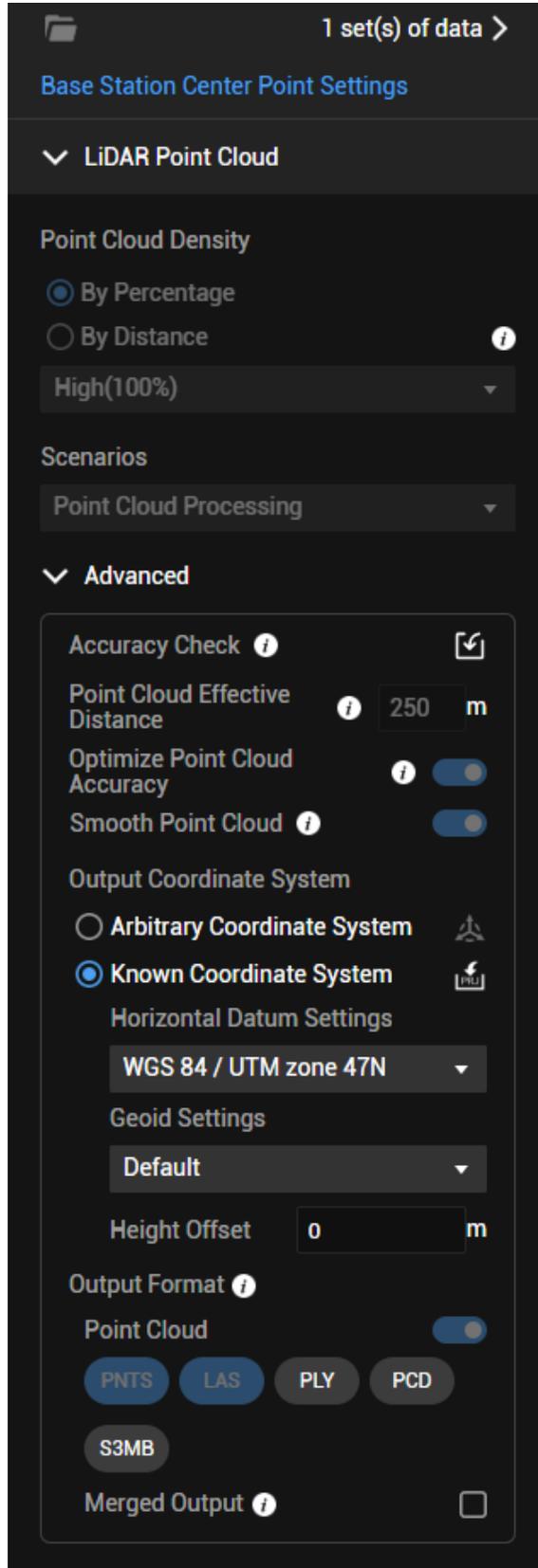


그림: 재구성 매개변수 설정

6) 재구성 출력 형식 선택

PNTS(DJI Terra에서 표시하는 데 사용되는 형식) 및 LAS 형식(항공 LiDAR 출력의 표준 형식)의 3D 포인트 클라우드가 기본적으로 선택됩니다. PLY(MeshLab용), PCD(CloudCompare용) 또는 S3MB(SuperMap용) 형식으로 포인트 클라우드를 출력하도록 선택할 수도 있습니다.

7) 처리 시작

재구성을 시작하려면 "처리 시작"을 클릭하십시오. 처리 중에 "중지"를 클릭하여 프로세스를 일시 중지할 수 있으며 소프트웨어는 현재 진행 상황을 저장합니다. 프로세스를 재개하면 소프트웨어는 중단점부터 데이터 처리를 계속합니다.

동시에 여러 포인트 클라우드 처리 작업을 시작할 수 있습니다. 첫 번째 작업이 완료되기 전에 다른 작업이 대기열에 보류됩니다. 작업은 시작된 순서대로 처리되며 이전 작업이 모두 완료된 후 하나씩 시작됩니다.

8) 결과 보기

재구성이 완료되면 결과에 대해 이동, 확대/축소, 회전 또는 기타 작업을 수행할 수 있습니다. 다양한 보기 간에 전환할 수도 있습니다.

RGB: 결과를 실제 색상으로 표시합니다.

강함: LiDAR가 수신한 반사율을 기준으로 결과를 표시합니다. 반사율은 0~255 범위로 등급이 지정됩니다. 여기서 0~150은 반사율이 0~100%인 확산 반사 개체에 해당하고 151~255는 전체 반사율 개체에 해당합니다. 동일한 물체에 반사된 빛은 LiDAR에 의해 서로 다른 각도로 수신될 수 있으므로 동일한 지상 물체의 반사도 값은 반사도 맵에 표시된 것처럼 달라질 수 있습니다. 이는 정상적인 현상입니다.

키: 포인트 클라우드의 고도에 따라 다른 색상을 표시합니다.

반품: 서로 다른 에코의 결과 데이터에 대해 서로 다른 색상을 표시합니다.

9) 품질 보고서

LiDAR 포인트 클라우드 처리에 대한 품질 보고서는 다음과 같이 해석됩니다.

Input Data Overview

Item	Value
POS Data Collection Time	8.728min
Point Cloud Data Collection Time	5.887min
LiDAR Point Cloud Block Count	1
Use custom base station data	No

1. POS Data Collection Time: time consumed by collecting POS data
2. Point Cloud Data Collection Time: time consumed by collecting point cloud
3. LiDAR Point Cloud Block Count: the number of imported LiDAR data folders
4. Use Custom Base Station Data: Yes-No

Checkpoint Info

ID	Latitude	Longitude	Altitude	Reconstruction Altitude	Altitude Difference	Reflectivity
1	22.90842744	113.70364639	40.850000	0.123456	0.123456	0.123456
2	22.90810327	113.70332371	40.270000	0.123456	0.123456	0.123456
4	22.90724078	113.70390279	35.660000	0.123456	0.123456	0.123456
5	22.9076649	113.70285467	41.970000	41.904891	-0.065109	114.651282
6	22.90794718	113.70226999	41.640000	41.575848	-0.064152	114.481481
7	22.90840683	113.70231948	39.110000	39.065118	-0.044882	121.551111
8	22.90802427	113.7019102	37.210000	37.237851	0.027851	117.165854
9	22.90759279	113.70196508	37.600000	37.647479	0.047479	123.052632
10	22.90717481	113.70202608	37.200000	37.180610	-0.019390	129.029586
11	22.90738125	113.70248524	39.130000	39.092872	-0.037128	108.345048
12	22.90828069	113.70288953	41.350000	41.347568	-0.002432	110.910638
13	22.90675695	113.70259953	37.620000	37.647195	0.027195	129.755365
14	22.90719482	113.70284601	38.810000	38.767685	-0.042315	109.554945
15	22.90713646	113.70331558	37.840000	37.889801	0.049801	119.374332
16	22.90745664	113.70331203	37.870000	37.942486	0.072486	122.696133
17	22.90777248	113.70331764	37.660000	37.688395	0.028395	119.412088
18	22.90810394	113.70399233	33.090000	33.150598	0.060598	117.417143

Checkpoint Statistics Report

Average Altitude Difference	Min Altitude Difference	Max Altitude Difference	Average Absolute Value of Altitude Difference	Root Mean Square	Standard Deviation
0.002743	-0.065109	0.072486	0.042087	0.046216	0.047960

POS Status Data POS Collection

Status	Total Time
Fix	8.728min
Other	0.000min

Fix: positioning is within centimeter-level accuracy

Parameters

Parameters	Value
Resolution	High
Scenario	Point Cloud Processing
Point Cloud Effective Distance	250.00m

- Resolution: point cloud density used in LiDAR point cloud processing
 High: 100% of point clouds used
 Medium: 25% of point clouds used
 Low: 6.25% of point cloud used
- Scenario: point cloud processing-Zenmuse L1 calibration
- Point Cloud Effective Distance: point clouds exceeding the distance will be filtered in post processing
 250 m by default

Output

Output List
PNTS File
LAS File
PLY Point Cloud File
PCD File
S3MB Point Cloud File

Performance Overview

Item	Value
POS Data Processing Time	1.296min
Georeferencing Time	2.296min
Point Cloud Accuracy Optimization Time	2.123min
Point Cloud Colorization Time	0.657min
Output Saving Time	5.404min
Total Processing Time	13.056min

- POS Data Processing Time: time consumed by calculating LiDAR attitude
- Georeferencing Time: time consumed by analyzing LiDAR point cloud and transforming coordinates
- Point Cloud Accuracy Optimization Time: time consumed by optimizing point cloud accuracy
- Point Cloud Colorization Time: time consumed by colorizing point cloud RGB
- Output Saving Time: time consumed by saving point cloud output (in PNTS, LAS, PLY, PCD, S3MB)
- Total Processing Time: total time consumed

그림: LiDAR 포인트 클라우드 보고서 매개변수 해석

4.3 결과 파일

DDJI Terra가 출력하는 결과 파일에는 LAS 포인트 클라우드 결과와 OUT 궤적 파일이 있습니다.

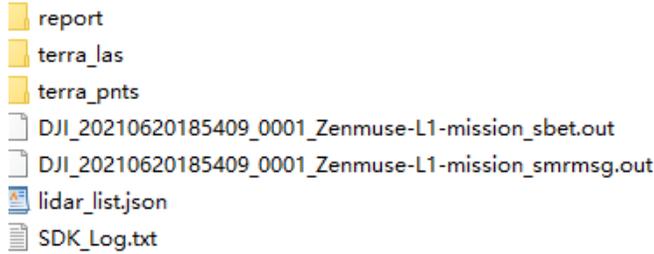


그림: DJI Terra가 출력한 결과 파일

* **.las**: DJI Terra에서 출력한 LAS 포인트 클라우드는 airborne의 표준 결과입니다. LiDAR. LAS 버전은 V1.2이며 파일을 대부분의 분석 소프트웨어로 직접 가져올 수 있습니다. LAS 결과에는 3D 포인트 좌표, RGB 색상 정보, 반사율, 시간, 에코 수, 각 3D 포인트가 속한 에코, 각 에코의 총 포인트 수, 스캔 각도 등의 정보가 기록됩니다.

* **_sbet.out**: 미션의 후처리 궤적 파일, 조정 및 솔루션 후의 궤적 정보. 궤적 표시를 위해 파일을 타사 소프트웨어로 가져올 수 있습니다. DJI Terra의 데이터 처리 중 포인트 클라우드 정확도 최적화 기능은 조정 프로세스입니다. 이러한 이유로 타사 소프트웨어를 사용하여 두 번째 조정을 수행할 필요가 없습니다. 파일은 바이너리 형식으로 저장되며, 해당 데이터 항목, 단위, 유형은 다음과 같습니다.

항목	단위	유형	크기
GPS 시간(초)	초	더블	8바이트
위도	라디안	더블	8바이트
경도	라디안	더블	8바이트
고도	미터	더블	8바이트
x 신체 속도	미터/초	더블	8바이트
y 신체 속도	미터/초	더블	8바이트
z 몸체 속도	미터/초	더블	8바이트

롤	라디안	더블	8바이트
파치	라디안	더블	8바이트
플랫폼 방향	라디안	더블	8바이트
원더 각도	라디안	더블	8바이트
x 몸체 가속도	미터/초 ²	더블	8바이트
y 몸체 가속도	미터/초 ²	더블	8바이트
z 몸체 가속도	미터/초 ²	더블	8바이트
x 몸체 각속도	라디안/초	더블	8바이트
y 몸체 각속도	라디안/초	더블	8바이트
z 몸체 각속도	라디안/초	더블	8바이트

표: SBET 파일 매개변수 해석

* **_smrmsg.out**: 후처리 정밀 파일입니다. 여기에는 제공평균제곱근이 포함되어 있습니다. 평활화된 위치, 방향, 속도의 오류. 해당 데이터 항목, 단위 및 유형은 다음과 같습니다.

항목	단위	유형	크기
GPS 시간(초)	초	더블	8바이트
북쪽 위치 RMS 오류	미터	더블	8바이트
동쪽 위치 RMS 오류	미터	더블	8바이트
아래 위치 RMS 오류	미터	더블	8바이트
북쪽 속도 RMS 오류	미터/초	더블	8바이트
동쪽 속도 RMS 오류	미터/초	더블	8바이트
하향 속도 RMS 오류	미터/초	더블	8바이트
롤 위치 RMS 오류	호분	더블	8바이트

피치 위치 RMS 오류	호분	더블	8바이트
헤딩 위치 RMS 오류	호분	더블	8바이트

표: SMRMSG 파일 매개변수 해석

4.4 FAQ

4.4.1 오류 메시지: LiDAR 포인트 클라우드 POS 데이터가 비정상입니다.

가능한 원인: 비행 중에 RTK 연결이 끊어졌거나 사용 가능한 RTK 베이스 스테이션 데이터가 없었습니다. 또는 L1은 데이터 수집 중에 공중에 정지/멈돌고 있었습니다. 현재 DJI Terra는 지상에 가만히 앉아 있는 드론이 수집한 데이터의 후처리를 지원하지 않습니다.

4.4.2 오류 메시지: 원시 데이터가 누락되었거나 파일 경로가 잘못되었습니다.

가능한 원인: 일부 필수 원시 파일이 누락되었습니다. 예를 들어, 비행 중에 RTK가 꺼졌기 때문에 RTK 베이스 스테이션 데이터가 누락되었습니다. 또는 파일 접미사가 올바르지 않습니다. 참고하세요 [3.1 RTK/PPK](#) RTK 파일에 대한 자세한 요구 사항을 이해합니다.

4.4.3 오류 메시지: LiDAR 포인트 클라우드의 원시 데이터가 비정상입니다.

예상 원인: 입력 경로의 레이저 포인트 클라우드 파일(LDR) 수집 시간이 다른 파일의 수집 시간과 일치하지 않거나 겹치지 않습니다. 이는 파일 복사 실수로 인해 발생할 수 있습니다.

4.4.4 오류 메시지: LiDAR 포인트 클라우드 정확도 최적화에 실패했습니다.

가능한 원인: 비행 고도가 너무 높았거나, 속도가 너무 빨랐거나, 오버랩이 너무 낮게 설정되어 포인트 클라우드 정확도 최적화를 위한 오버랩 포인트가 부족했습니다. 이 경우에는 오버랩을 늘려 데이터를 재수집하거나, 높은 정확도가 필요하지 않은 경우에는 "포인트 클라우드 정확도 최적화"를 비활성화하는 것이 좋습니다.

4.4.5 오류 메시지: LiDAR 포인트 클라우드 POS 계산에 실패했습니다.

가능한 원인: 입력 경로에 있는 일부 파일의 내용이 올바르지 않거나 데이터가 누락되었습니다. IMU 및 RTK 파일(RTB, RTK, RTS 또는 RTL)의 시간 값은 겹치거나 일치하지 않습니다. 이 경우 데이터를 확인해야 합니다. 아마도 데이터를 기억해야 할 것입니다.

4.4.6 문제: 포인트 클라우드 모델의 품질이 좋지 않거나 결과적으로 심각한 데이터 손실이 발생합니다.

- 1) 낮은 관성 항법 정확도: 관성 항법 시스템이 워밍업을 완료하기 전에 데이터 수집이 시작되었거나 IMU 교정이 올바르게 수행되지 않았습니다.
- 2) 낮은 POS 정확도: RTK가 고정되지 않았거나, RTK 기지국이 이동했거나, 자체 구축한 기지국과 여러 RTK 기지국의 좌표계가 일치하지 않았습니다(예: D-RTK에 대해 알려진 좌표가 구성되지 않았습니다). 2).
- 3) 낮은 오버랩: LiDAR 포인트 클라우드 파일의 수집 시간이 다른 입력 파일의 수집 시간과 부분적으로만 겹치거나 측면 오버랩이 너무 낮게 설정되었습니다. 특히, 지형이 변동하는 지역에서는 측면 오버랩을 지나치게 낮게 설정하면 결과가 비워지는 결과를 초래할 수 있습니다.
- 4) 스캔된 객체 없음: 예를 들어 짐벌 피치가 -90°인 비행에서는 스캔된 객체가 부족하여 건물 정면이 비어 있을 수 있습니다. 전력선 스캔에서 드론이 물체 위를 한 번만 비행하는 경우 특정 각도에서 일부 전력선이 그 위에 있는 물체에 의해 차단될 수 있습니다. 고도차가 큰 지역에서는 일부 물체가 L1 측정 범위를 벗어나는 경우가 있습니다.
- 5) 포인트 클라우드의 낮은 절단 거리: 설정된 포인트 클라우드 절단 거리가 실제 유효 포인트 클라우드 거리보다 작습니다.

4.4.7 좋은 수직 정확도를 달성하는 방법은 무엇입니까?

우수한 수직 정확도를 달성하려면 다음 사항이 중요합니다.

- RTK가 항상 고정되어 있는지 확인하세요.
- D-RTK 2를 사용하는 경우 알려진 지점에 기지국을 설정합니다. **D-RTK 2의 안테나 하단부터 상단까지의 길이를 고려했는지 확인하세요.** (로드가 지면까지 완전히 확장된 경우 1.8m입니다.); 파일럿 앱에서 알려진 좌표와 고도를 설정할 때, **WGS84 및 m 단위의 타원체 높이를 사용해야 합니다.** Pilot 앱에 기지국 위치 변경 오류가 있는 경우 M300 및 D-RTK2를 다시 시작하세요.
- 측량 지역의 지오이드 높이를 확인해야 할 수도 있습니다.