

Leica RTC360: Nowe podejście do naziemnego skanowania laserowego

Techniczny opis produktu



Leica RTC360: Nowe podejście do pracy z naziemnym skanerem laserowym

Andrea Biasion (Szwajcaria), Thomas Moerwald (Szwajcaria), Bernd Walser (Szwajcaria) i Gregory Walsh (USA)

1. Wprowadzenie

W tym artykule przedstawiono i podsumowano innowacje wprowadzone do naziemnego skanowania laserowego w związku z wprowadzeniem rozwiązania RTC360 do skanowania rzeczywistości w 3D.

Dzięki rozwiązaniu RTC360, Leica Geosystems dostarcza potężną i wydajną platformę do naziemnego skanowania laserowego. Została zaprojektowana jako ogólny system: od gromadzenia danych w terenie, do opracowania gotowego produktu w biurze. System zbudowany jest wokół trzech głównych elementów: skanera laserowego RTC360 3D, aplikacji mobilnej Cyclone FIELD 360 oraz oprogramowania Cyclone REGISTER 360.

Rozwiązanie RTC360 (RTC oznacza RealiTy Capture) jest przeznaczone przede wszystkim dla specjalistów niebędących geodetami, ze względu na wysoki poziom automatyzacji i obróbki danych w terenie. Ponieważ skanery 3D w ciągu ostatnich lat stały się znacznie szybsze, dokładniejsze i bardziej wydajne, jedną z głównych przeszkód w szerszym zastosowaniu naziemnego skaningu laserowego jako technologii do skanowania rzeczywistości jest złożoność łączenia chmur punktów pozyskanych na różnych stanowiskach.

Rozwiązanie RTC360 mierzy się z tym problemem, automatyzując proces łączenia i umożliwiając bezpośrednią weryfikację wyników w terenie. Kluczową technologią jest metoda „Jednoczesna Lokalizacja i Mapowanie” (eng. SLAM), zintegrowana z Wizualnym Systemem Inercyjnym (VIS) skanera laserowego RTC360. Poprzez ciągłe śledzenie położenia RTC360, VIS pozwala dopasowywać chmury punktów w czasie rzeczywistym w terenie.

Aplikacja na tablet Cyclone FIELD 360 oferuje funkcje, takie jak kontrola, przeglądanie i wzbogacanie danych.

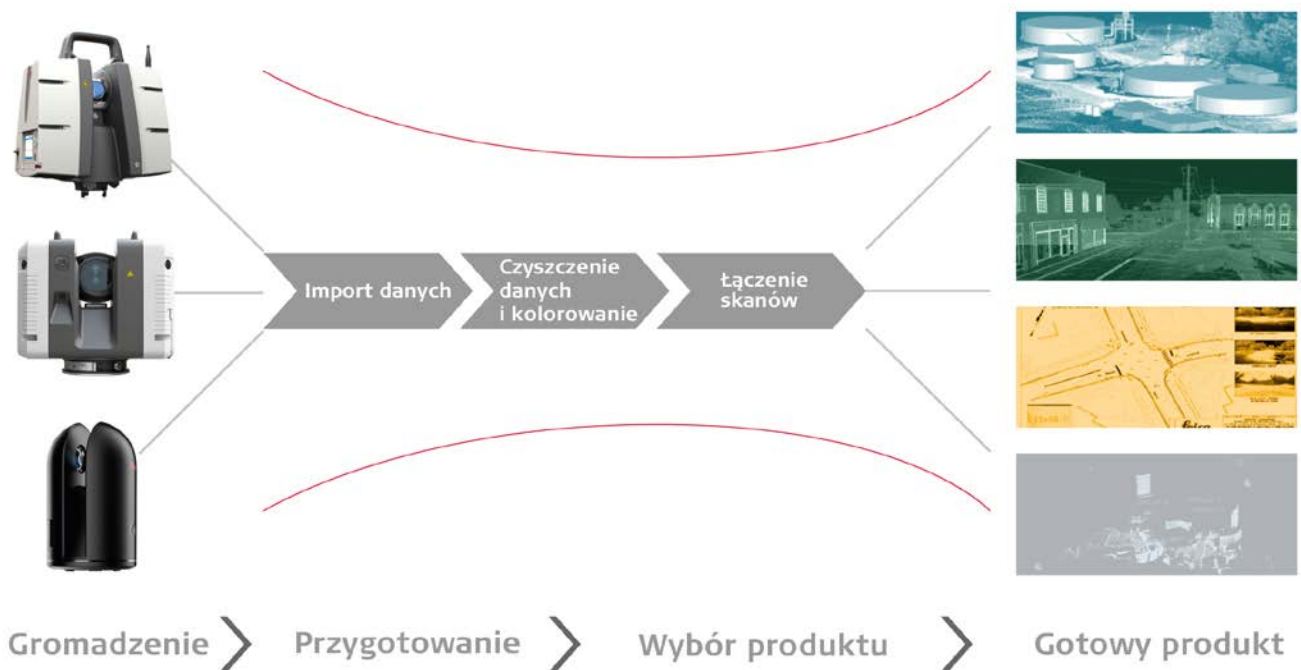
Oprogramowanie Cyclone REGISTER 360 umożliwia w pełni zautomatyzowane łączenie danych i tworzenie gotowych produktów.

2. Wprowadzenie

Naziemny skaning laserowy to sprawdzona technologia, przyjęta w wielu obszarach zastosowań.

Tradycyjnie wydajność, rozumiana jako czas potrzebny na pozyskanie i udokumentowanie miejsca realizacji projektu, jest ograniczona czynnikami technologicznymi.

Podczas fazy gromadzenia danych z użyciem skanera laserowego, operatorzy nie są aktywnie zaangażowani. Ponadto przetwarzanie danych w biurze nadal wymaga czasu, pracy ludzi i maszyn, co powoduje, że tradycyjna metoda pracy zajmuje dużo czasu.



Rysunek 1: Praca z RTC60, od pozyskiwania danych w terenie do gotowego produktu.

RTC360 został zaprojektowany z myślą o zwiększeniu wydajności zarówno w terenie, jak i w biurze, poprawie ogólnego wyniku gromadzenia i przetwarzania danych z 12 stanowisk w ciągu godziny.

Podczas przenoszenia instrumentu aktywnych jest 5 kamer i inercyjna jednostka pomiarowa (IMU) w celu wizualno-inercyjnej lokalizacji, tj. aby obliczyć transformacje położenia w 6 stopniach swobody z poprzedniego i następnego stanowiska skanowania. Dzięki tak zwanej delcie położenia, chmury punktów obu skanów można dopasować.

W przypadku poruszających się obiektów w miejscu realizacji projektu, RTC360 może gromadzić podwójne skany, co wydłuża czas pozyskiwania danych w terenie, ale pozwala na automatyczne czyszczenie chmury punktów podczas przetwarzania danych w biurze.

Gdy skaner gromadzi dane na stanowiskach (skan, obrazy), operator terenowy może wzbogacić już zgromadzone dane za pomocą aplikacji mobilnej Cyclone FIELD 360.

Pracę w terenie ułatwia fizyczny rozmiar RTC360 oraz jego pełna integracja z lekkim statywem. Ze względu na oszacowanie pochylenia, nie jest wymagane poziomowanie. Dlatego urządzenie zamocowane na statywie można przenosić.

Pozostała część tego artykułu obejmuje: W rozdziale 3 opisano gromadzenie danych HDR. W rozdziale 4 wyjaśniono, jak działa technologia VIS i jak jest używana do wstępnego dopasowania chmur punktów. W 5 i 6 rozdziale przedstawiamy wykorzystanie naszego oprogramowania REGISTER 360 w terenie i biurze. Rozdział 7 to podsumowanie.

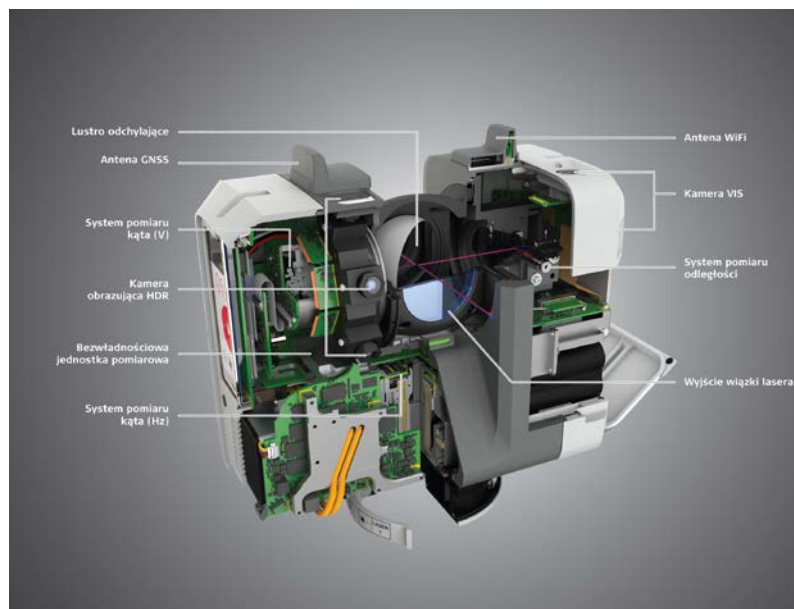
3. Gromadzenie danych HDR

Skaner laserowy RTC360 gromadzi dane 3D i obrazy HDR. Dynamikę sensora można zdefiniować jako zdolność do wyczuwania sygnałów zewnętrznych na różnym poziomie. HDR jest popularny w fotografii, w której to samo zdjęcie jest wykonywane przy różnych ustawieniach ekspozycji, aby uzyskać najlepszą wartość ekspozycji dla każdego piksela. RTC360 rozszerza te możliwości o dane 3D i położenie skanera.

HDR to nie tylko dynamika danych. Domyślne ustawienia HDR sprawiają, że niektóre ustawienia użytkownika stają się niepotrzebne, co upraszcza i poprawia pozyskiwanie danych przez niedoświadczonych specjalistów

i początkujących użytkowników. Kluczem do osiągnięcia takiego rezultatu jest połączenie HDR z szybkością. Zwiększona dynamika nie będzie mieć wpływu na wydajność.

W przypadku pracy w terenie, ważnym czynnikiem jest fizyczny rozmiar i waga systemu. Skaner laserowy RTC360, w połączeniu z dedykowanym lekkim statywem, tworzą system, który może być przenoszony w terenie z minimalnym wysiłkiem - może być przenoszony od stanowiska do stanowiska przez jednego użytkownika w ciągu całego dnia pracy.



Rysunek 2: Wnętrze RTC360

3.1 Pozyskiwanie obrazów HDR

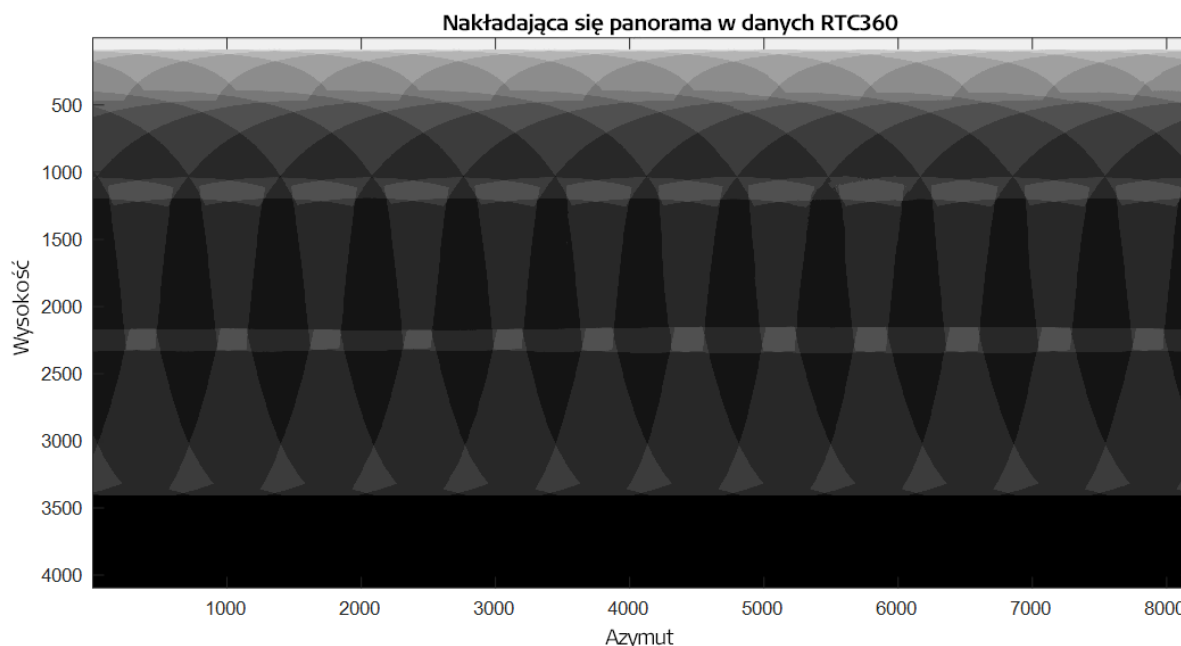
Skaner laserowy RTC360 gromadzi obrazy z pola widzenia kamery (FoV) za pomocą trzech 12-megapikselowych (MP) kamer umieszczonych na ramie, rejestrując 5 przedziałów HDR w 12 poziomych położeniach.

Trzy kamery obrazujące HDR są umieszczone na matrycy radialnej, znajdującej się na ramie skanera. Każda kamera posiada 12-megapikselową kolorową matrycę zamontowaną w pionowej orientacji i obiektyw z kątem widzenia w pionie 62°. Trzy kamery pokrywają pełny kąt widzenia w pionie, biorąc pod uwagę dolny punkt mocowania (nadir) i wymaganą zakładkę. Kąt widzenia w pionie wynosi 48°, tzn. że zachodzenie na siebie obrazu w pionie gwarantuje 12 pozycji (przesunięcie o 30°)

w pełnym kącie widzenia. Wysoki poziom nakładania się wielu obrazów poprawia wyniki algorytmów stosowanych do łączenia obrazów.

Każdy przedział HDR różni się od poprzedniego o jedno zatrzymanie, a kombinacja wartości ekspozycji i czułości ISO jest predefiniowana, bez względu na warunki oświetlenia. Nie są wymagane procedury pomiaru światła przed faktycznym wykonaniem zdjęcia. Można to przełożyć na ustalony 1-minutowy czas gromadzenia obrazów HDR.

Scalenie obrazów HDR daje całkowitą rozdzielczość surowego obrazu rzędu 423 MP (12 MP x 3 kamery x 12 pozycji).



Rysunek 3: Nakładanie obrazów HDR pozyskanych przez RTC360 na obraz panoramiczny.

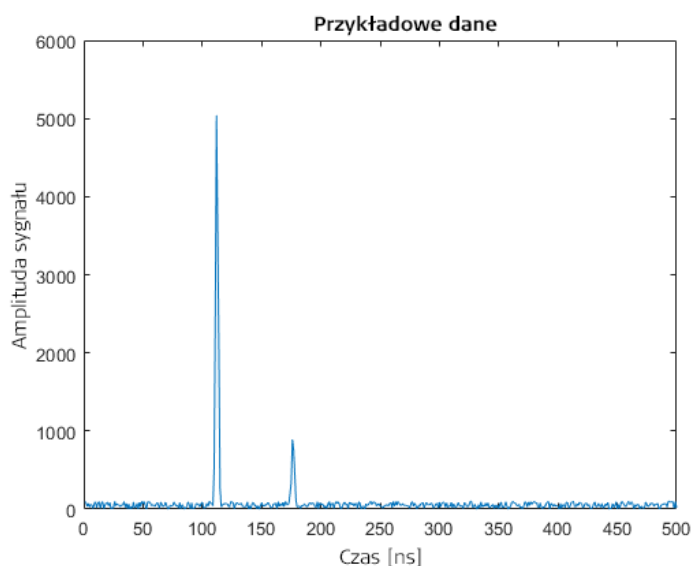
3.2 Silnik analizy danych HDR 3D

Ogólna dokładność punktów 3D pozyskanych przez skanery laserowe wzrosła w ciągu ostatnich kilku lat. Jednym z głównych wyzwań pomiaru odległości jest możliwość wiarygodnego pomiaru punktów na różnego rodzaju powierzchniach. Wiadomo, że na powodzenie pomiarów wpływa kilka czynników: odległość do powierzchni, współczynnik odbicia, kąt padania, itp.

W szczególności albedo powierzchni, zdefiniowane jako stosunek emitowanego światła laserowego

do odbijanego może znacząco wpłynąć na kompletność chmur punktów. Aby pokonać to fizyczne ograniczenie, konieczne jest podejście podobne do HDR w systemie elektronicznego pomiaru odległości (EDM).

Sposób, w jaki HDR EDM jest implementowany w RTC360, polega na modulacji emitowanej wiązki laserowej za pomocą dwóch impulsów, zwanych silnym i słabym.



Rysunek 4: Impulsy EDM emitowane przez RTC360.

Dwa impulsy są przesunięte o 75ns, nie tworząc prawie żadnych wizualnych artefaktów w siatce chmury punktów. Wynikowy punkt jest kombinacją otrzymanych składowych z dwóch impulsów.

Silny impuls przenosi więcej energii niż słaby, dzięki czemu jest bardziej wyczuwalny na powierzchniach o niskim współczynniku odbicia. Punkty mierzone na powierzchniach o niskim współczynniku odbicia są dostarczane głównie przez odbicia silnego impulsu.

Na powierzchniach o wysokim współczynniku odbicia, powrót silnego impulsu nasyciłby diodę odbiorczą, dlatego słabo odbity impuls dominuje w określaniu odległości do punktu.

Stosunek energii między słabymi i silnymi impulsami wynosi około 1:7 i pomaga RTC360 EDM rozszerzyć swoją dynamikę w kierunku powierzchni o niskim współczynniku odbicia, w porównaniu do poprzednich wersji dalmierzy EDM.



Rysunek 5: Porównanie tego samego skanu czarnego samochodu wykonanego za pomocą ScanStation P40 i RTC360.

Ponadto, dane pozyskane na powierzchni o niskim współczynniku odbicia są nie tylko bardziej kompletne, ale również skutkują niższym zakresem szumu, ponieważ energia impulsu jest wyższa.

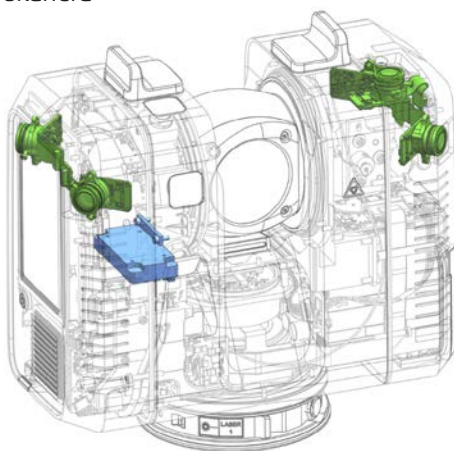
Co dwa emitowane impulsy mierzony jest jeden punkt. Ponieważ skaner laserowy RTC360 mierzy do 2 milionów punktów na sekundę, moduł EDM RTC360 emituje do 4 milionów impulsów na sekundę.

4. VIS: Wizualny System Inercyjny

Celem Wizualnego Systemu Inercyjnego (VIS) jest określenie względnej pozycji i orientacji między dwoma kolejnymi stanowiskami skanera. 6 stopni swobody jest obliczanych automatycznie, bez potrzeby jakiegokolwiek działania ze strony użytkownika. Na podstawie względnego pozycjonowania, drugą chmurę punktów można transformować w układzie współrzędnych pierwszej chmury. To wstępne dopasowanie jest bardzo ważne przy pierwszej kontroli ze strony użytkownika, jest również istotne dla automatycznego wpasowania za pomocą algorytmów ICP (Iteracyjny Najbliższy Punkt). Kolejne zmiany położenia stanowiska skanera

są zapisywane jako metadane w każdym obiekcie. W związku z tym te metadane są wykorzystywane podczas pozyskiwania danych w terenie przy użyciu Cyclone FIELD 360 i podczas przetwarzania danych w biurze.

Zasada działania VIS to Visual SLAM (Wizualna Jednoczesna Lokalizacja i Mapowanie). Łączy informacje wizualne pochodzące z pięciu kamer z pomiarami inercyjnymi z IMU, zapewniając bardzo solidny i dokładny system szacowania położenia.

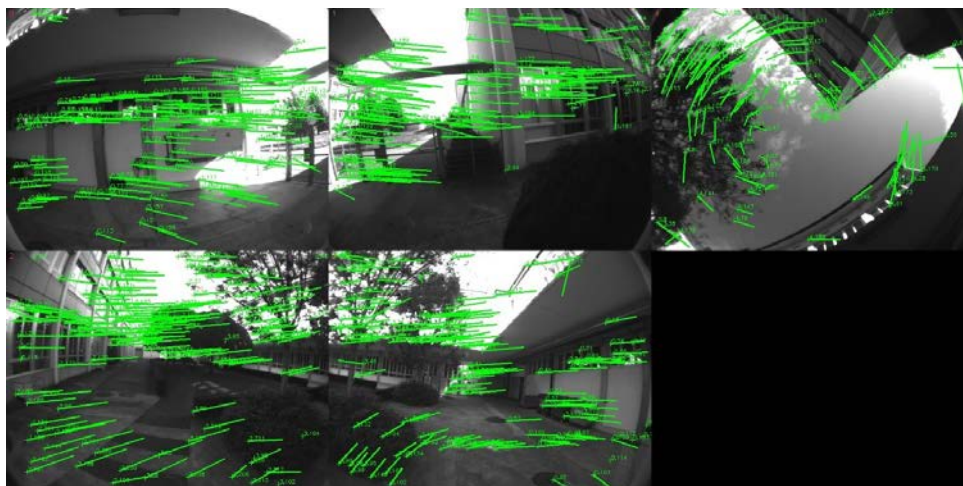


Rysunek 6: Komponenty sprzętowe Wizualnego Systemu Inercyjnego.

Pięć kamer migawkowych o rozdzielczości 2 MP umieszczono w pobliżu czterech górnych rogów skanera, plus jedna skierowana w górę. Ta konfiguracja gwarantuje najlepsze pokrycie pełnego horyzontu, a także dodatkowe wsparcie piątej kamery.

Po zakończeniu skanowania na pierwszym stanowisku, algorytm VIS identyfikuje cechy wizualne pierwszego

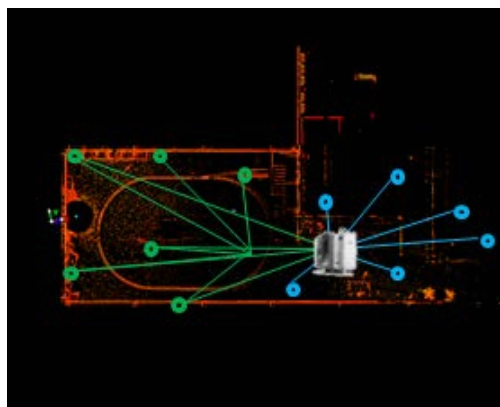
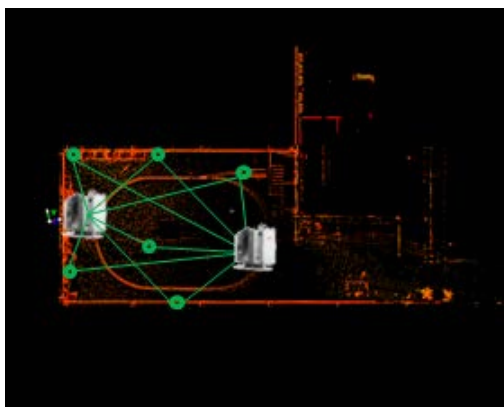
zestawu obrazów przesłanych strumieniowo z pięciu kamer. Punkty te, dzięki względnej kalibracji silnika 3D i kamer VIS, są dostępne jako punkty 3D. Przecięcie wstecz tego pierwszego zestawu punktów 3D w strumieniu VIS umożliwia obliczenie pozycji skanera jako punkt początkowy śledzenia VIS.



Rysunek 7: Wyodrębnianie obiektów i śledzenie na obrazach VIS.

Gdy skaner jest przenoszony, ciągłe przetwarzanie obiektów, obserwacja i śledzenie poprzez wcięcie wstecz pozwala VIS na obliczenie w czasie rzeczywistym

położenia skanera w układzie współrzędnych z pierwszego stanowiska.



Rysunek 8a i 8b: Wyodrębnianie obiektów i śledzenie na obrazach VIS.

Gdy skaner zostanie przeniesiony poza pierwotny obszar, w którym obiekty są dostępne jako zeskanowane punkty 3D, VIS musi wygenerować nowe obiekty 3D, aby rozszerzać pozycję na „nieznane” środowisko.

IMU mierzy przyspieszenia i kąty obrotu. Pomiary te są łączone z położeniami wynikającymi ze śledzenia

obrazu za pomocą filtra Kalmana. Po zakończeniu przemieszczania, instrument ponownie przelicza wszystkie położenia pośrednie (i ostatnie) dopasowując zestawy skanów. Daje to bardziej dokładne wyniki, które uwzględniają wszystkie obserwacje wykonane na trasie przemieszczania.

5. Cyclone FIELD 360

Cyclone FIELD 360 to aplikacja na urządzenia mobilne, działająca na tabletach z systemem Android lub iOS. Aplikacja umożliwia użytkownikom przeglądanie danych, sprawdzanie wstępnego łączenia skanów i wzbogacenie danych w terenie.

Tablet nawiązuje połączenie z RTC360 przez Wi-Fi i pobiera dla każdego stanowiska pomniejszoną wersję

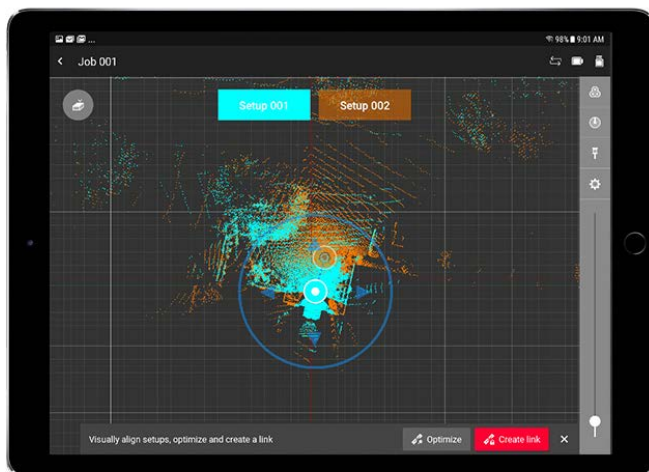
zgrupowanych danych. Aby zwiększyć wydajność, faza przesyłania danych nie powinna trwać dłużej niż kilka sekund. Osiąga się to poprzez opracowanie lekkiej wersji podglądu danych zaraz po ich pozyskaniu. Przesyłane obiekty mają znacznie mniejszy rozmiar niż pełne dane, ale nadal zachowują geometrię i zawartość obrazu.



Rysunek 9: Przesyłanie danych i synchronizacja między trzema komponentami rozwiązania RTC360.

W przeciwieństwie do innych systemów skanujących, łączenie skanów w terenie przy użyciu rozwiązania RTC360 pozwala użytkownikowi uzyskać połączone skany bezpośrednio w terenie, w bardzo krótkim czasie. Gdy pomiędzy dwoma kolejnymi stanowiskami zmiana

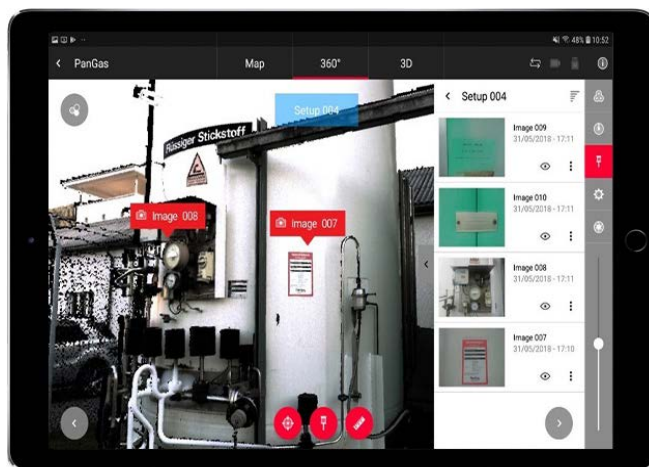
położenia jest nieznaczna, łączenie skanów może być bardzo łatwe, szczególnie dla niedoświadczonych specjalistów. Procedury dostarczania wystarczająco dokładnej pozycji do łączenia skanów dla algorytmów ICP są uproszczone, gdy dostępna jest zmiana położenia VIS.



Rysunek 10: Wizualne dopasowanie skanów w Cyclone FIELD 360.

Ponadto, użytkownicy mogą skorzystać z danych dostępnych w Cyclone FIELD 360 w celu prowadzenia weryfikacji i wzbogacenia posiadanych danych o dodatkowe informacje zgromadzone w terenie.

Te dane są dołączane do projektu, zawierają położenie geograficzne i mogą obejmować kilka rodzajów tagów: zdjęcia, filmy, notatki dźwiękowe, notatki tekstowe. Zasadniczo można dołączyć dowolny plik.



Rysunek 11: Oznaczanie danych w Cyclone FIELD 360.

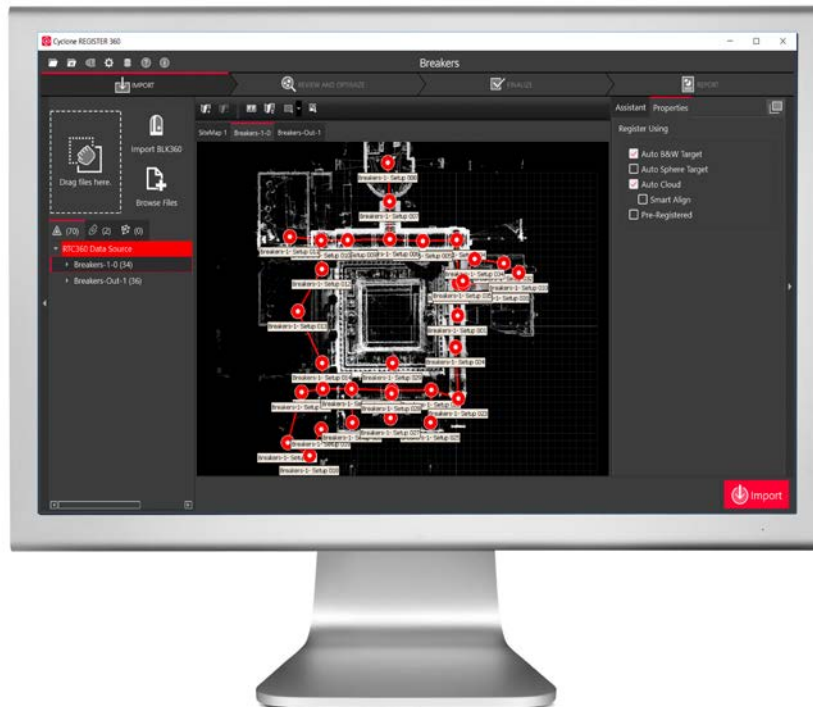
Wszystkie zmiany, które użytkownik wprowadza do pierwotnych danych (dopasowanie skanów, tagi, pomiary) są synchronizowane między Cyclone FIELD 360 i RTC360. Istnieje dwukierunkowy kanał komunikacji między dwoma

komponentami. Koncentratorem, w którym zachowana jest integralność danych, jest skaner i urządzenie pamięci USB.

6. Cyclone REGISTER 360

Na koniec pracy w terenie, zgromadzone dane są przenoszone z RTC360 na komputer za pomocą pamięci USB. Dzięki prostej funkcji "przeciagnij i upuść",

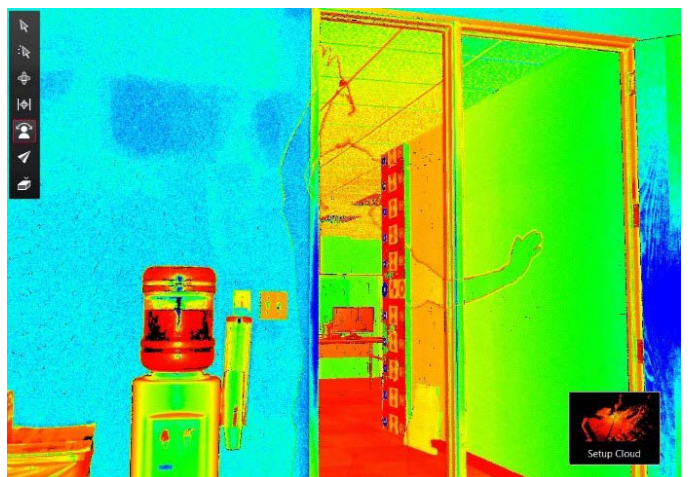
użytkownik może szybko wizualizować zgromadzone dane, podobnie jak w aplikacji Cyclone FIELD 360.



Rysunek 12: Podgląd danych podczas importu w Cyclone REGISTER 360.

Podczas tej fazy, operator może przeglądać dopasowania skanów utworzone w terenie i wprowadzać ostatnie zmiany. Następnie, naciśnięcie przycisku importu powoduje pełny import danych. Dostępnych jest kilka opcji, które ułatwiają przeprowadzenie automatycznego łączenia danych, takich jak ekstrakcja tarcz i automatyczne łączenie metodą chmury do chmury.

Podczas importu dane są przetwarzane w kilku etapach. Stosowane są filtry, np. filtry do pomieszczonych pikseli i punktów przeszyconych. Obrazy są przetwarzane wraz z tworzeniem zdjęć panoramicznych i koloryzacją chmury punktów. Wreszcie, jeśli jakiegokolwiek obiekty zostały zeskanowane podwójnie, usuwane są ruchome obiekty ze sceny.



Rysunek 13a i 13b: Działanie filtra ruchomych obiektów w Cyclone REGISTER 360.

Podsumowanie

Chociaż skanery laserowe 3D stają się coraz bardziej wydajne i łatwiejsze w obsłudze, użytkownicy wciąż napotykają przeszkody i problemy podczas pracy, szczególnie nowi użytkownicy. Rozwiązanie Leica RTC360 3D optymalizuje proces łączenia skanów i zapewnienia użytkownikom efektywność i wydajność pracy.

Dokładność i kompletność danych, a także szybkość pracy na danych HDR w terenie w rozwiązaniu RTC360 są znakomite w porównaniu do najnowocześniejszych rozwiązań. Jednak, dane HDR charakteryzują się nie tylko kompletnością i dokładnością, ale także prostotą. Użytkownicy znacznie skorzystają na automatyzacji. Szybkość pracy jest kluczowym czynnikiem, a gromadzenie danych HDR nie będzie opóźniało pracy. Fizyczne wymiary i waga RTC360 oraz jego akcesoriów umożliwiają jednemu operatorowi całonijną pracę.

Każdy z trzech komponentów RTC360 tworzy nowoczesne rozwiązanie, dzięki któremu użytkownik jest w stanie radykalnie poprawić wydajność bez żadnych kompromisów.

Notatki biograficzne

Andrea Biasion jest ekspertem w dziedzinie Naziemnego Skaningu Laserowego (TLS) w zespole ds. Zarządzania Produktem TLS w Leica Geosystems AG. Otrzymał tytuł doktora w zakresie geoinformatyki na Politechnice w Turynie we Włoszech.

Thomas Moerwald jest ekspertem w dziedzinie wizualizacji komputerowej pracującym w Leica Geosystems AG. Otrzymał tytuł doktora w zakresie elektrotechniki na Politechnice Wiedeńskiej.

Bernd Walser jest głównym inżynierem d/s. Naziemnego Skanowania Laserowego (TLS) w zespole badawczo-rozwojowym w Leica Geosystems AG. Ma ponad 15-letnie doświadczenie w opracowywaniu instrumentów geodezyjnych i doktorat z geodezji i fotogrametrii.

Gregory Walsh jest dyrektorem ds. badań i rozwoju oprogramowania TLS w Leica Geosystems. Ma na swoim koncie dziesiątki publikacji i patentów z różnych dziedzin. Otrzymał tytuł doktora w zakresie elektrotechniki i informatyki na Uniwersytecie Kalifornijskim w Berkeley.

Kontakt

Waldemar Kubisz
Leica Geosystems Sp. z o.o.
ul. Przasnyska 6b
01-756 Warszawa
Polska
Tel. +48 602 514 595 / +48 22 350 59 15
Email: waldemar.kubisz@leica-geosystems.com
Strona internetowa: www.leica-geosystems.pl

Leica Geosystems – when it has to be right

Od niemal 200 lat Leica Geosystems należąca do grupy Hexagon zmienia świat pomiarów i geodezji, opracowuje kompletne rozwiązania dla profesjonalistów. Leica Geosystems jest znana z projektowania produktów klasy premium i innowacyjnych rozwiązań. Specjaliści w różnych branżach, takich jak lotnictwo, obronność, ochrona i bezpieczeństwo,

budownictwo oraz produkcja ufają produktom Leica Geosystems. Dzięki dokładnym i precyzyjnym instrumentom, zaawansowanemu oprogramowaniu i wysokiej jakości usługom, Leica Geosystems każdego dnia dostarcza wartość specjalistom kształtującym przyszłość naszego świata.

Hexagon jest światowym liderem w dziedzinie rozwiązań cyfrowych, które tworzą autonomiczne połączone ekosystemy (ACE). Hexagon (indeks Nasdaq na giełdzie w Sztokholmie: HEXA B) zatrudnia około 20 000 pracowników w 50 krajach, a sprzedaż netto wynosi około 3,5 miliarda EUR.

Copyright Leica Geosystems Sp. z o.o., Warszawa, Polska. Wszystkie prawa zastrzeżone. Wydrukowano w Polsce – 2019. Leica Geosystems Sp. z o.o. należy do grupy Hexagon AB. 922334pl – 06.19

Leica Geosystems Sp. z o.o.

ul. Przasnyska 6b
01-756 Warszawa, Polska
Tel.: +48 22 350 59 00
Fax: +48 22 350 59 01

- when it has to be **right**

Leica
Geosystems