

Skaner 3d na podstawie kamery RGBD

AUTOR: MYKYTA BRAZHYNKYI

PROMOTOR: DR INŻ. MICHAŁ CZUBENKO

Problematyka

Istnieje wiele metod generacji wirtualnych obiektów. Jednym ze sposobów jest trójwymiarowy skan rzeczywistego obiektu.

W pracy dokonano porównania metod generacji modeli na podstawie danych z kamery głębi. Zaimplementowano metodę triangulacji Delaunay'a wraz ze sposobami na jej optymalizację. Zbudowano skaner trójwymiarowy umożliwiający akwizycję danych głębi.

Cel pracy

- ▶ Celem pracy jest zbudowanie skanera 3D na bazie kamery RGBD. Utworzone w ten sposób nagrania należy przekształcić do chmury punktów, a następnie nałożyć na nie siatkę. Gotowe modele zostaną wyeksportowane do programu Blender.

Zakres pracy

- ▶ Budowa skanera 3D przy wykorzystaniu kamery RGBD oraz ruchomej platformy.
- ▶ Przekształcenie nagrań do postaci chmury punktów.
- ▶ Porównanie dwóch metod akwizycji danych głębi, z całej klatki oraz z jednej kolumny.
- ▶ Porównanie dwóch metod triangulacji, BPA oraz Delaunay'a.
- ▶ Implementacja oraz optymalizacja algorytmu triangulacji Delaunay'a.
- ▶ Wykorzystanie biblioteki Open3D w celu użycia algorytmu BPA.

Wprowadzenie

- ▶ W latach 80-tych popularną metodą skanowania obiektów była sonda stykowa. Nie umożliwiała ona skanowania elastycznych przedmiotów, a sam pomiar zajmował dużo czasu.
- ▶ Od tego momentu zaczęto wprowadzać metody optyczne do akwizycji danych głębi.
- ▶ Z dostępnych metod skanów trójwymiarowych można wyróżnić:
 - ▶ Triangulacja laserowa
 - ▶ Metoda emitowania światła strukturalnego
 - ▶ Fotogrametria
 - ▶ Skanery LIDAR

Chmura punktów na podstawie danych RGBD

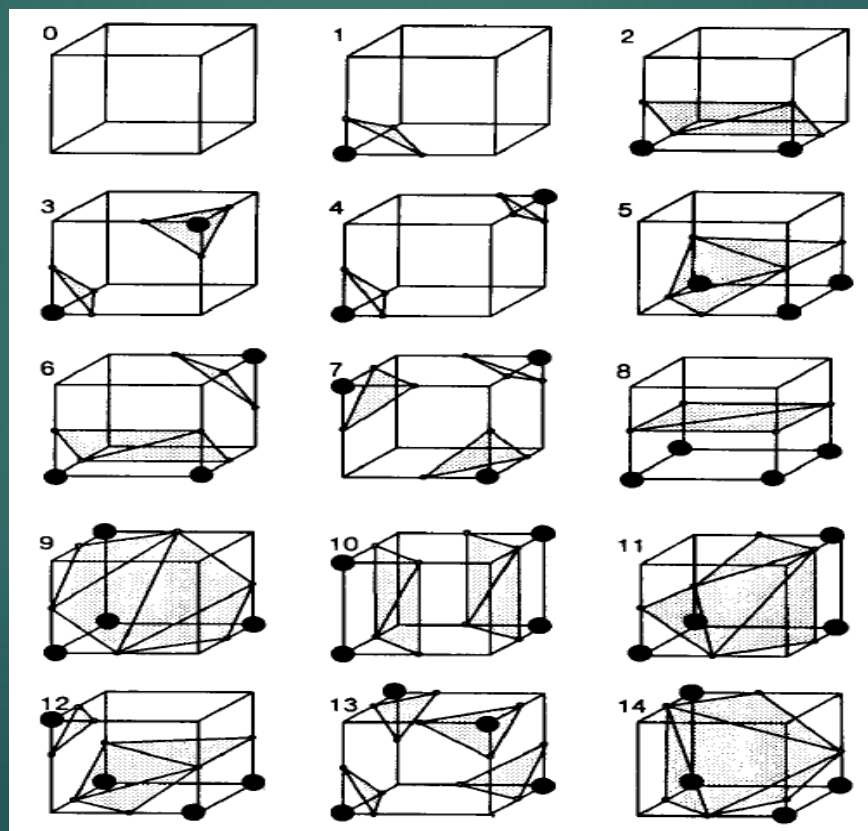
- ▶ W pracy przedstawiono szereg czynności pozwalających na przekształcenie danych z kamery głębi do poprawnej chmury punktów.
- ▶ Są nimi:
 - ▶ Wyznaczenie rzeczywistej wysokości obiektu na podstawie jego wysokości w pikselach oraz odległości od obiektywu.
 - ▶ Przekształcenie punktów z układu współrzędnych kamery do układu współrzędnych środka tacki.
 - ▶ Filtracja błędnych pomiarów.
 - ▶ Interpolacja wielomianem trzeciego stopnia w celu naprawy błędnych pomiarów.

Utworzenie siatki z chmury punktów

- ▶ Istnieje wiele metod generacji siatki (meshu) na podstawie chmury punktów. W pracy omówione zostało kilka z nich:
 - ▶ Algorytm maszerujących sześciątów oraz jego adaptacyjny wariant.
 - ▶ Trójwymiarowa triangulacja Delaunay'a.
 - ▶ Algorytm toczącej się kuli (BPA).

Algorytm maszerujących sześciątów

Algorytm służy do triangulacji równo rozłożonych punktów. Ze względu na metodę działania, punkty mogą przecinać się z sześciątami w określony sposób przedstawiony poniżej. Dzięki takiemu zabiegowi można skrócić proces triangulacji.

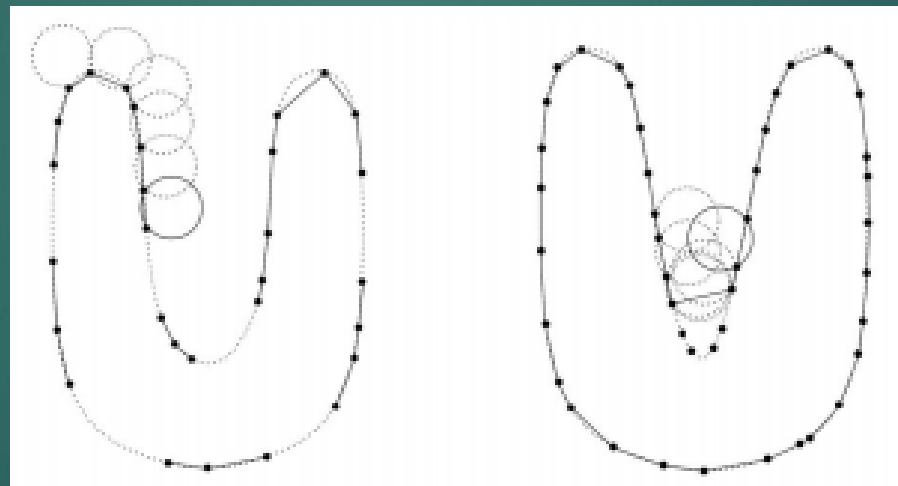


Algorytm BPA

Metoda toczącej się kuli, łączy te punkty, które stykają się z kulą.

Szybkość algorytmu zależy od promienia kuli.

Jeśli promień jest mniejszy niż odległość między punktami, niektóre punkty się z nią nie zetkną i nie zostaną dodane do siatki triangulacyjnej. W ten sposób powstają dziury w modelu.



Algorytm BPA

- ▶ W celu implementacji algorytmu BPA z gotowej biblioteki należy wyznaczyć wektory normalne do punktów.
- ▶ Należy wyznaczyć średnią odległość pomiędzy punktami D_{mean} .
- ▶ Promień kuli należy dobrać empirycznie w celu otrzymania dobrych rezultatów przy optymalnym czasie obliczeniowym. Z przeprowadzonych badań wynika, że dobrym punktem startowym jest $R=5D_{mean}$

Własna koncepcja

- ▶ Chmury punktów utworzono na dwa sposoby:
 - ▶ Ekstrakcja pojedynczej kolumny z obrazu.
 - ▶ Ekstrakcja wszystkich danych z obrazu oraz filtracja w programie.
- ▶ Po przeprowadzeniu testów jakości oraz dokładności zaimplementowano metodę triangulacji Delaunay'a. Algorytm optymalizowano pod kątem czasu obliczeniowego.

Triangulacja Delaunay'a

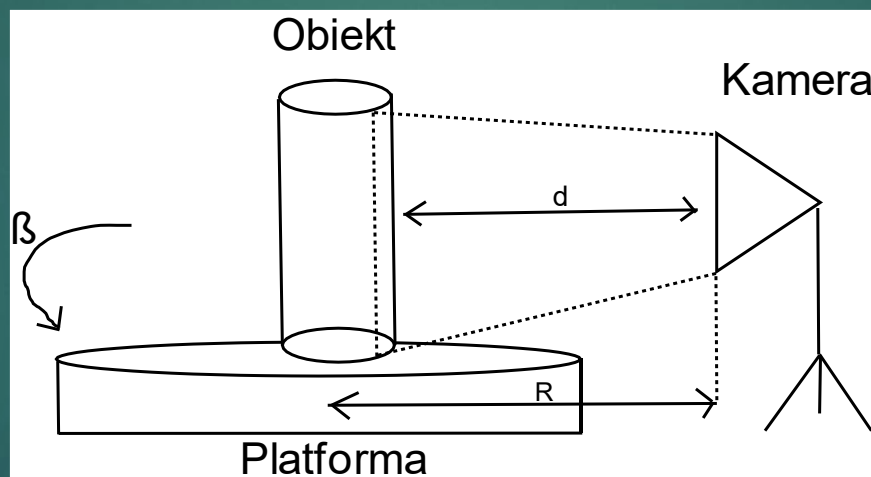
- ▶ Wykorzystanie trójwymiarowej triangulacji Delaunay'a pozwala na utworzenie w całości wypełnionej siatki punktów. Jej zaletami są:
 - ▶ Nie zawiera ona w sobie dziur.
 - ▶ Łącząc wszystkie punkty trójkątami pozwala ona też na utworzenie górnej i dolnej ściany, które nie zostały zeskanowane przy pomiarze.
- ▶ W autorskim programie użyty został algorytm Bowyer-Watson, który pozwala na obliczenie triangulacji Delaunay'a.

Algorytm Bowyer-Watson

- ▶ Algorytm używany jest do wyznaczenia triangulacji Delaunay'a w dowolnej ilości wymiarów. Schemat postępowania wygląda następująco:
 - ▶ Tworzony jest ostrosłup zawierający wszystkie punkty ze zbioru triangulacyjnego. Następnie jest dodawany do zbioru wszystkich czworościanów.
 - ▶ Dla każdego punktu sprawdzana jest przynależność do sfery opisanej na każdym z dostępnych ostrosłupów.
 - ▶ Jeśli punkt należy do sfery, to tworzony jest nowy ostrosłup poprzez kombinację wierzchołków starego oraz nowego punktu.
 - ▶ Na koniec początkowy ostrosłup zawierający wszystkie punkty oraz te mające z nim wspólny wierzchołek są usuwane.

Hardware

- Skaner zbudowano korzystając z kamery RGBD oraz z ruchomej platformy. Dokładne rezultaty można uzyskać z odległości do 1m.



Software

- ▶ Autorski program w języku Python oraz Cython realizujący założenia projektowe.
- ▶ Interfejs graficzny pozwalający na konwersję chmury punktów oraz nagrania do gotowego modelu trójwymiarowego. Możliwy jest też podgląd chmur punktów oraz wygenerowanych obiektów.
- ▶ Odczyt danych z kamery wykonano za pomocą programu Intel RealSense Viewer.
- ▶ W celu konwersji nagrania z kamery RGBD do chmury punktów zastosowano narzędzie rs-convert.

Sposoby testowania

- ▶ Jakość obiektów wygenerowanych za pomocą algorytmu triangulacji Delaunay'a oraz BPA porównywano z jakością gotowych modeli trójwymiarowych.
- ▶ Dla modeli utworzonych przez BPA sprawdzano ilość dziur w obiekcie. Dokonano porównania wpływu promienia kuli na czas trwania obliczeń.
- ▶ Dla triangulacji Delaunay'a sprawdzano wielkość wygenerowanych trójkątów oraz ich nachodzenie na siebie. Podczas optymalizacji sprawdzano czas trwania algorytmu, w zależności od ilości punktów.

Podsumowanie

- ▶ Zadanie projektowe zostało wykonane, a utworzone modele wyeksportowano do programu Blender.



Algorytm BPA



Triangulacja Delaunay'a