

SKRÓCONY OPIS PRACY

Budowa skanera

W celu odpowiedniej akwizycji danych należało skonstruować skaner 3D. Po wielu testach wyznaczono jego poprawny schemat. Istotnym czynnikiem była platforma poruszająca się ze stałą prędkością kątową. Bez niej zadanie byłoby niemożliwe do zrealizowania. Odpowiedni dobór kamery trójwymiarowej również wywarł wpływ na jakość modeli. W przypadku początkowej kamery Orbbec Astra Mini rozdzielczość zdjęć była niska, wynosiła maksymalnie 640x480 pikseli. Z kolei rozdzielczość Intel RealSense D435i jest prawie dwukrotnie wyższa. Rozdzielczość kamery znacznie wpływa na jakość ostatecznego modelu, im jest ona większa, tym chmura punktów jest gęstsza. W rezultacie powoduje to bardziej dokładne odwzorowanie powierzchni obiektu. Poprzez zastosowanie wysokiej rozdzielczości kamery oraz dużej liczbie klatek na sekundę, rozmiar zapisywanych danych jest obfity. Film trwający 58 sekund, zawierający dane o głębi oraz kolorze obiektu dla rozdzielczości 848x 640, zajmuje około 1.7 GB i 2.3GB dla odpowiednio 15 klatek na sekundę oraz 30 klatek na sekundę. Kamera podłączona jest do komputera poprzez gniazdo USB 3.2, niższy standard transmisji danych nie byłby w stanie przesłać takiej ilości informacji. Protokół USB 3.2 jest jednak wciąż zbyt niski, by przesyłać nagranie 1280x720 dla 90 klatek. Prawdopodobnie podłączenie kamery bezpośrednio pod złącze PCI-e byłoby w stanie przesłać taki rozmiar danych. Z danych producenta wynika, że dla rozdzielczości 848x480 koloru oraz głębi dla 90 klatek, rozmiar przesyłanych danych to 1172 Mbps.

Kalibracja kamery jest równie ważna co budowa skanera. By otrzymać najlepsze rezultaty należy odpowiednio nastawić moc emitera, ekspozycję oraz odpowiednio skalować dane głębi by pokrywały się one z rzeczywistymi wartościami. Dzięki wykorzystaniu dedykowanego oprogramowania Intel RealSense Viewer oraz Intel RealSense Depth Quality Tool możliwy był podgląd obrazu z kamery w czasie rzeczywistym. Zmniejszyło to czas kalibracji, ponieważ rezultaty były widoczne natychmiast po zatwierdzeniu. Depth Quality Tool pozwala na sprawdzenie, jak wybrane nastawy wpływają na ilość dziur w nagraniu. Im jest ich mniej, tym dane będą mniej przekłamane, a model będzie wierniej oddawał rzeczywisty obiekt.

Akwizycja oraz obróbka danych

Kolejnym istotnym czynnikiem wpływającym na ostateczny wygląd modelu jest wybrana metoda akwizycji danych. Przeprowadzono analizę chmur punktów powstałych poprzez zastosowanie dwóch metod przetwarzania danych. W metodzie skanera liniowego pod uwagę brana tylko jedna kolumna obrazu, zaś w metodzie światła strukturalnego użyto danych głębi pochodzących z całej klatki. Po analizie otrzymanych wyników z obu metod wybrano metodę skanera liniowego, ze względu na lepszy wygląd ostatecznego modelu. Dzięki jej wykorzystaniu przekształcenia trygonometryczne są prostsze, a czas trwania obliczeń jest znacznie mniejszy. Po uzyskaniu danych z kamery RGBD należy je odpowiednio przetworzyć. Bezpośrednie pomiary głębi zawierają przekłamane punkty, które należy odnaleźć. W przeciwnym wypadku wpłyną one na wygląd modelu po triangulacji Delaunay'a, ponieważ zostaną utworzone z nich zbyt duże trójkąty. Często przekłamane punkty mają wartość odpowiadającą maksymalnej rozdzielczości głębi kamery, więc punkty znajdują się wiele metrów dalej niż rzeczywisty model. To znacząco wpływa na pogorszenie jakości gotowego modelu. W celu uniknięcia tych błędów należy odnaleźć przekłamane punkty. W programie dokonano tego przez liczenie średniej odległości punktów od środka układu współrzędnych. Jeśli odległość przekłamanego punktu będzie o wiele większa niż średnia, to zostanie on oznaczony flagą. Oznaczone w ten sposób punkty, poddane zostaną interpolacji w celu wyznaczenia poprawnej ich wartości.

Po przeprowadzeniu testów różnych metod interpolacji, wybrana została interpolacja wielomianem trzeciego stopnia. Uzyskane dzięki niej rezultaty są dobre i wszystkie punkty znajdują się w odpowiednich miejscach. Ich rozłożenie jest bardziej naturalne, niż w przypadku interpolacji liniowej, która bardziej przypominała metodę najbliższych sąsiadów.

Na koniec należało wyznaczyć wysokość skanowanego obiektu. Dzięki temu długość, szerokość i wysokość obiektu były poprawne i można przeprowadzać rzeczywiste pomiary na wirtualnym obiekcie. Możliwe jest zmierzenie pola powierzchni lub objętości tak wytworzonego modelu. Dokonane zostało to poprzez empiryczne wyznaczenie wzoru na wysokość obiektu w zależności od jego wysokości na obrazie oraz odległości od kamery. Podstawiając te dane do wzoru można wyznaczyć rzeczywisty rozmiar przedmiotu.

Rekonstrukcja powierzchni

Ostatnim krokiem programu jest rekonstrukcja powierzchni na podstawie chmury punktów. Zaprezentowane zostały wyniki generacji meshu dokonane za pomocą algorytmu BPA. Przedstawiono sposoby optymalizacji oraz implementacji algorytmu Bowyer-Watson, który jest odmianą triangulacji Delaunay'a. W przypadku algorytmu toczącej się kuli dokonano porównania wpływu promienia na ostateczny wygląd obiektu. Z przeprowadzonych badań wynika, że dla wartości $R > 5D_{mean}$ generowana siatka zmienia się nieznacznie, przy dużym wzroście czasu obliczeniowego. Analizując wyniki uznano, że warto zacząć poszukiwania promienia od wartości $R = 3D_{mean}$. Następnie stopniowo zwiększać jego długość, do momentu kiedy wygląd generowanej siatki przestanie się zmieniać.

W przypadku triangulacji Delaunay'a skupiono się na optymalizacji algorytmu. Jako, że wszystkie punkty z chmury wchodziły w skład ostatecznego obiektu, nie ma żadnych parametrów do ustawienia. Obiekt natomiast można poddać obróbce w programie Blender w celu wygładzenia powstałych ścian oraz odstających wierzchołków.