

UJIAN ULANG GRAFIKA KOMPUTER
LANANG FAJRI RAMADHAN-2300018264-D

Soal 1

Universitas Ahmad Dahlan ingin membuat digital twin dari ruang kuliah dan beberapa aktor akademik (dosen & mahasiswa) untuk kebutuhan simulasi pembelajaran berbasis VR.

A. Jelaskan bagaimana teknik rekonstruksi 3D (photogrammetry atau depth sensor) dapat digunakan untuk menangkap bentuk gedung kelas dan aktor manusia.

Jawaban

Photogrammetry adalah proses merekonstruksi objek 3D dari beberapa foto 2D yang diambil dari berbagai sudut pandang. Algoritma ini bekerja dengan mencocokkan fitur-fitur yang sama di antara gambar-gambar tersebut untuk menghitung posisi kamera dan struktur 3D dari objek atau adegan.

Penerapan untuk Ruang Kuliah:

- 1) Ambil banyak foto ruang kuliah dari berbagai sudut, pastikan setiap foto memiliki tumpang tindih (overlap) yang cukup dengan foto-foto di sebelahnya.
- 2) Foto-foto ini kemudian diproses oleh perangkat lunak photogrammetry (seperti Agisoft Metashape atau RealityCapture) untuk menghasilkan point cloud, lalu diubah menjadi polygon mesh, yang merupakan representasi permukaan 3D.
- 3) Terakhir, tambahkan tekstur (warna) dari foto-foto asli ke mesh untuk detail visual yang realistis.

Penerapan untuk Aktor Manusia:

- 1) Aktor (dosen/mahasiswa) harus tetap diam saat dipotret dari semua sisi. Ini bisa dilakukan dengan memutar aktor di atas platform putar atau dengan menggerakkan kamera mengelilingi aktor.
- 2) Karena metode ini mengandalkan tekstur, ia sangat efektif untuk menangkap detail wajah dan pakaian.

Kelebihan:

Akurasi visual yang tinggi, terutama dalam menangkap detail warna dan tekstur. Perangkat yang dibutuhkan relatif terjangkau (kamera DSLR atau kamera smartphone).

Tantangan:

Sangat sensitif terhadap cahaya dan objek yang reflektif atau transparan. Prosesnya lambat karena aktor harus diam dan banyak foto harus diambil. Objek tanpa tekstur, seperti dinding putih polos, sulit diproses.

B. Uraikan tahapan pre-processing → mesh reconstruction → texturing untuk menghasilkan model yang dapat digunakan dalam simulasi.

Jawaban

- 1) Pre-processing, Tahap ini adalah pembersihan data mentah.
 - Pembersihan data, Menghapus data yang tidak diperlukan, seperti latar belakang atau objek asing.
 - Penjajaran (Alignment), Jika menggunakan fotogrametri, foto-foto yang diambil harus disejajarkan untuk menemukan posisi dan orientasi relatif setiap kamera.
 - Pembuatan Point Cloud, Data yang telah dibersihkan dan disejajarkan akan diubah menjadi "awan titik" atau point cloud, yaitu kumpulan titik-titik koordinat 3D yang merepresentasikan permukaan objek.
- 2) Mesh Reconstruction, Point cloud kemudian diubah menjadi mesh, yang merupakan jaring-jaring poligon (biasanya segitiga) yang membentuk permukaan objek 3D.
 - Triangulasi, Titik-titik dari point cloud dihubungkan untuk membentuk permukaan poligon.
 - Penyatuan, Mesh yang terpisah, jika ada, digabungkan menjadi satu kesatuan yang koheren.
 - Optimisasi, Jumlah poligon dioptimalkan untuk menjaga keseimbangan antara detail dan kinerja.
- 3) Texturing, Setelah mesh terbentuk, tekstur dari foto asli diaplikasikan ke permukaan mesh.

- UV Unwrapping, Permukaan 3D "dibuka" menjadi bidang 2D (seperti mengupas kulit jeruk) untuk memetakan koordinat tekstur.
- Proyeksi Tekstur, Foto-foto asli diproyeksikan ke mesh untuk memberi warna, detail, dan realisme pada model. Hasilnya adalah model 3D dengan rupa yang mirip dengan aslinya.

C. Diskusikan bagaimana teknik subdivisi diterapkan untuk memperhalus mesh aktor akademik agar terlihat lebih realistis.

Jawaban

Teknik subdivisi adalah proses menghaluskan kurva atau permukaan dengan membagi (split) dan memperbaiki posisi titik (smoothing) secara berulang. Tujuannya adalah untuk menciptakan kurva dan permukaan halus dari model yang kasar, yang sulit dicapai hanya dengan menggunakan mesh poligon biasa.

Penerapan pada Mesh Aktor Akademik :

1) Representasi Permukaan Awal:

- Model aktor akademik yang dihasilkan dari proses rekonstruksi 3D (seperti dari depth sensor) pada awalnya adalah polygon mesh.

Mesh ini terdiri dari simpul (vertices), garis (edges), dan wajah (faces). Meskipun model ini memiliki bentuk dasar, permukaannya mungkin terlihat kasar atau bersudut.

2) Algoritma Subdivisi:

- Untuk menghaluskan mesh tersebut, dapat digunakan algoritma subdivisi seperti Catmull-Clark atau Loop.
- Catmull-Clark : Algoritma ini cocok untuk mesh segiempat (quad). Cara kerjanya adalah dengan menambahkan titik-titik baru pada wajah dan garis, lalu menyesuaikan posisi simpul yang ada untuk memperhalus bentuk. Hasilnya adalah permukaan yang halus sambil tetap menjaga topologi aslinya.
- Loop Subdivision : Algoritma ini khusus untuk mesh segitiga. Prosesnya adalah membagi setiap segitiga menjadi empat segitiga baru. Algoritma ini efisien dan ringan, sehingga cocok untuk implementasi yang membutuhkan kinerja tinggi, seperti dalam simulasi real-time.

3) Proses Penghalusan:

- Prinsip utama dari subdivisi adalah membagi dan merata-ratakan posisi titik mesh agar bentuknya menjadi organik dan estetik.
- Algoritma akan menambahkan simpul-simpul baru pada setiap segmen dan menggeser posisi simpul-simpul lama berdasarkan bobot tertentu. Sebagai contoh, algoritma Catmull-Clark menggunakan kernel filter dengan bobot $[1/8, 6/8, 1/8]$ untuk menghitung posisi titik baru pada kurva. Bobot tertinggi diberikan pada titik tengah untuk menjaga bentuk kurva tetap halus dan mendekati bentuk aslinya.

4) Hasil Akhir dan Aplikasi:

- Setelah proses subdivisi, mesh yang awalnya kasar akan diubah menjadi model 3D yang lebih halus. Ini membuat model aktor akademik terlihat lebih realistis dan alami, tidak lagi kaku atau terlihat seperti terbuat dari poligon-poligon tajam.
- Model yang telah dihaluskan ini kemudian siap digunakan dalam aplikasi seperti game, animasi, atau simulasi VR, di mana visual yang realistis sangat dibutuhkan.

D. Analisis bagaimana model ini dapat diintegrasikan ke dalam simulasi VR pembelajaran interaktif (misalnya role-play presentasi, kuliah online VR).

Jawaban

1) Pengembangan Lingkungan Virtual

Pertama, model 3D ruang kuliah yang telah direkonstruksi dan diperhalus (melalui fotogrametri dan teknik subdivisi) diimpor ke dalam *game engine* seperti Unity atau Unreal Engine. Lingkungan virtual ini akan menjadi latar belakang yang realistis untuk semua interaksi.

- Pencahayaan dan Shading, Mengatur pencahayaan virtual, bayangan, dan refleksi agar sesuai dengan kondisi dunia nyata, menciptakan suasana yang meyakinkan.
- Interaksi Objek, Menambahkan fungsionalitas interaktif pada objek-objek di dalam ruangan. Misalnya, proyektor dapat diaktifkan, papan tulis dapat ditulis, dan kursi dapat digerakkan.
- Optimasi Performa, Mengurangi jumlah poligon pada *mesh* melalui *decimation* atau *simplification* agar aplikasi VR berjalan lancar tanpa lag, terutama pada perangkat VR standalone.

2) Implementasi Aktor Manusia (Dosen dan Mahasiswa)

Model 3D aktor akademik, yang dihasilkan dari depth sensor, diintegrasikan sebagai avatar yang dapat digerakkan di dalam lingkungan virtual.

- Rigging dan Animasi, Model-model ini dipasang "tulang virtual" (rigging) agar dapat digerakkan secara realistis. Animasi dasar seperti berjalan, berbicara, atau menggerakkan tangan dapat diprogram.
- Sistem Pelacakan (Tracking), Sensor VR (seperti headset, controller, atau sensor tubuh) digunakan untuk melacak gerakan pengguna di dunia nyata dan menerjemahkannya ke dalam gerakan avatar di dunia virtual. Ini memungkinkan pengguna untuk "mengisi" avatar mereka, membuat gerakan mereka tercermin secara real-time di dalam simulasi.
- Interaksi Multi-pengguna, Jika simulasi melibatkan banyak pengguna (misalnya, kuliah daring), sistem jaringan (multi-user networking) memungkinkan avatar dari pengguna lain terlihat dan berinteraksi di lingkungan yang sama.

3) Skenario Pembelajaran Interaktif

Dengan semua elemen yang sudah terintegrasi, beberapa skenario pembelajaran interaktif dapat diwujudkan:

- Role-play Presentasi VR, Mahasiswa dapat mempraktikkan presentasi di depan kelas virtual yang realistis. Avatar dosen dan mahasiswa lain dapat berinteraksi, memberikan pertanyaan atau umpan balik, mensimulasikan situasi presentasi yang sesungguhnya.
- Kuliah Daring VR, Dosen dapat menyajikan materi kuliah dalam lingkungan virtual yang kaya, menggunakan model 3D interaktif untuk menjelaskan konsep-konsep kompleks. Mahasiswa dapat melihat, bertanya, dan berdiskusi seolah-olah mereka berada di ruang kuliah yang sama, mengatasi keterbatasan interaksi pada platform kuliah daring konvensional.
- Simulasi Praktikum, Untuk mata kuliah seperti biologi atau fisika, praktikum dapat disimulasikan di lingkungan virtual. Model 3D objek dan alat-alat dapat dimanipulasi, memungkinkan mahasiswa untuk melakukan eksperimen tanpa risiko atau keterbatasan fisik.