
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 2004/2005

Oktober 2004

CCS543 – Visualisasi Data

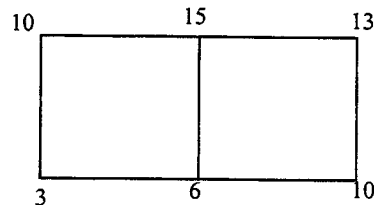
Masa : 2 jam

ARAHAN KEPADA CALON:

- Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **EMPAT** soalan di dalam **ENAM** muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.
 - Jawab mana-mana **TIGA** soalan.
 - Anda boleh memilih untuk menjawab semua soalan dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.
-

1. (a) (i) Dewasa ini visualisasi merupakan alat keperluan untuk pelbagai bidang. Mengapakah ada permintaan terhadap visualisasi oleh bidang-bidang ini? Senaraikan faktor-faktor yang mendorong kepada tumpuan terhadap visualisasi akhir-akhir ini.
- (20/100)
- (ii) Persekitaran Visualisasi Bermodul (PSB) adalah satu *gaya* dalam sistem visualisasi yang menyediakan antara muka pengaturcaraan visual. Secara ringkas terangkan langkah-langkah biasa yang harus dilakukan oleh pengguna sistem PSB untuk menjalankan proses visualisasi. Apakah kelebihan utama paradigma ini jika dibandingkan dengan gaya-gaya lain sistem visualisasi.
- (20/100)
- (b) Model rujukan visualisasi membahagi proses-proses visualisasi kepada tiga modul iaitu pengayaan data, pemetaan data dan persembahan (rendering):
- (i) Salah satu tugas utama modul pengayaan data adalah untuk menghasilkan model anggaran terbaik sesuatu bidang dasar. Secara amnya model ini diklasifikasikan sama ada sebagai *interpolasi* atau *penghampiran*. Jelaskan secara ringkas *bila* anda perlu menggunakan interpolasi (dan begitu juga sebaliknya penghampiran), dan jelaskan *mengapa* anda memilih satu kaedah dan bukan yang satu lagi (dan sebaliknya).
- (15/100)
- (ii) Pada kebiasaannya, teknik-teknik visualisasi dikenakan terhadap data yang telah diperkaya pada peringkat pemetaan data. Memandangkan wujud pelbagai teknik visualisasi, data-data perlu diklasifikasikan kepada set dan dikenakan teknik-teknik visualisasi yang berlainan ke atas set-set data yang berbeza. Untuk setiap data yang dinyatakan di bawah, sediakan *skim klasifikasi* dan cadangkan *teknik-teknik visualisasi* yang sesuai dikenakan ke atas skim tersebut:
- Data ketinggian individu dalam kelas CCS543.
 - Data berisipadu yang menyimpan kelajuan, suhu dan tekanan.
 - Data ketepuan dan tekanan air di atas keratan rentas mendatar takungan minyak.
 - Data perubahan kepala manusia yang terdiri daripada 109 keping yang setiap satunya berpelebaran 256 x 256.
- (15/100)

- (c) Diberikan data skalar 2D bergrid seperti yang berikut, *hitung* titik-titik persilangan pada tepi-tepi sel dan *lakar* isogaris bagi isonilai 8. Anggapkan anda menggunakan kaedah interpolasi linear dan sel adalah sebuah segi empat unit.



(30/100)

2. (a) (i) Banding dan bezakan dua teknik visualisasi data skalar 3D, iaitu *isopermukaan* dan *persembahan isipadu (volume rendering)*. Serlahkan perbezaan utama pendekatan, kekurangan-kekurangan dan kelebihan-kelebihan antara satu sama lain.

(30/100)

- (ii) Algoritma Kiub Berarak (KB) merupakan teknik visualisasi data skalar 3D pertama yang menghasilkan permukaan daripada data berisipadu. Walau bagaimanapun, algoritma KB melakukan penggelintaran *menyeluruh*, yang melibatkan kesemua kiub (voksel) yang wujud dalam domain data untuk menghasilkan isopermukaan bagi setiap isonilai yang diberi. Bincang bagaimana anda boleh *mengubah* algoritma KB supaya hanya kiub-kiub yang mengandungi isonilai sahaja yang dicari dan seterusnya diproses.

(20/100)

- (b) Pelorekan primitif-primitif grafik seperti titik dan segi tiga boleh memberi hasil yang realistik, dan proses ini penting untuk output isopermukaan (set-set segi tiga) dan persembahan volum (set-set titik sampel). Komponen penting dalam proses penghitungan pelorekan adalah vektor normal yang memberi haluan primitif grafik. Terangkan bagaimana vektor normal (untuk segi tiga isopermukaan dan titik sampel persembahan volum) *dianggarkan* dari data 3D yang ditakrifkan pada grid voxel sekata.

(20/100)

- (c) (i) Langkah pengadunan dalam algoritma penyurihan sinar dilakukan sama ada secara *belakang-ke-hadapan* atau sebaliknya iaitu *hadapan-ke-belakang*. Terangkan kedua-dua pendekatan pengadunan ini (dengan berbantuan formula), dan tekankan mengapa seseorang itu memilih satu pendekatan (anda perlu tentukan) berbanding yang satu lagi.

(15/100)

- (ii) Unjuran Keamatan Maksimum adalah satu kaedah yang singkat dan ringkas untuk mempercepatkan proses pengiraan dalam algoritma persembahan isipadu (volume rendering) dengan mengabaikan ketepatan output. Jelaskan *aspek ketepatan* apakah yang terpaksa diabaikan oleh kaedah ini. Mengapa agaknya kaedah ini selalu dikaitkan dengan *angiography*?

(15/100)

3. (a) Sifat-sifat aliran divisualisasikan sama ada *secara terus* (daripada data mentah vektor) atau menerusi data-data berkaitan aliran yang *diterbitkan* daripada data aliran.

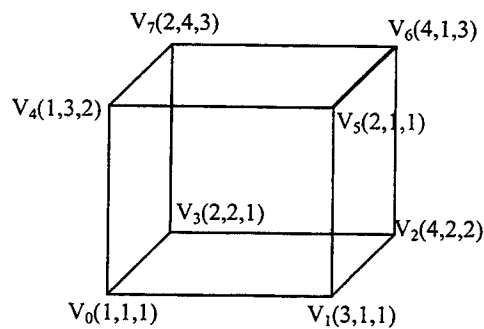
- (i) Senaraikan data-data terbitan ini, dan cadangkan teknik-teknik visualisasi yang boleh dikenakan ke atas mereka.

(15/100)

- (ii) Apakah yang akan kita *kehilangan* atau pun *perolehi* dengan melakukan proses visualisasi ke atas data-data terbitan aliran? Justifikasikan jawapan anda.

(15/100)

- (b) Pertimbangkan masalah mudah visualisasi 3D aliran berikut. Anda dibekalkan dengan kelajuan $V(x,y,z)$ pada lapan bucu sebuah kiub unit seperti yang ditunjukkan oleh gambar rajah di bawah:



Kelajuan dinyatakan dalam bentuk tiga komponen vektor, iaitu yang pertama adalah komponen kelajuan pada arah x , yang kedua adalah komponen kelajuan pada arah y , dan yang ketiga adalah komponen kelajuan pada arah z . Jika satu partikel dilepaskan pada masa $t = 0$ dari titik benih $(0.3, 0.0, 0.0)$. Dalam penghitungan anda berikutnya, gunakan kaedah tertib kedua (2^{nd} order) Runge-Kutta.

- (i) Hitung anggaran *kedudukan* yang akan dilalui oleh partikel tersebut selepas satu langkah masa 0.1 saat.

(15/100)

- (ii) Nyatakan dua *punca* utama ralat dalam penghitungan di atas, dan jelaskan bagaimana ralat-ralat tersebut timbul. (10/100)
- (iii) Hitung anggaran *kelajuan* pada kedudukan baru partikel yang diperolehi dalam 3(b)(i) di atas. (15/100)
- (c) Perlingkaran Kamiran Garis (Line Integral Convolution) adalah satu kaedah mudah berasaskan tekstur untuk memvisualisasikan data alir 2D.
- (i) Terangkan bagaimana tekstur dikenakan kepada data alir untuk menghasilkan *kesan* tekstur. (20/100)
- (ii) Kaedah ini secara amnya akan menunjukkan arah aliran tetapi tidak mampu memaparkan haluan aliran. Cadangkan *penambahbaikan* ke atas kaedah LIC supaya kedua-dua sifat aliran ini dapat dipaparkan serentak. (10/100)
4. (a) Dalam Visualisasi Maklumat, konsep 'fokus + konteks' amat dipentingkan:
- (i) Jelaskan apa yang dimaksudkan oleh istilah di atas dan terangkan kebaikan-kebaikan yang mampu disediakan olehnya – guna aplikasi tertentu untuk mengilustrasikan jawapan anda. (15/100)
- (ii) Secara ringkas terangkan dua contoh praktikal kaedah visualisasi maklumat yang melaksanakan konsep ini. (15/100)
- (b) Pada tahun 2003, Pusat Pengajian Sains Kimia telah melakukan satu kajian untuk memantau tahap bahan-bahan kimia bawaan udara di bangunan Kompleks Sains (iaitu bangunan yang menempatkan PPSKomp dan PPSMat). Dalam kajian ini, para saintis telah mengumpul beberapa sampel-sampel asid bawaan udara dan sebatian-sebatian organik mudah ruap, dan bacaan data-data tersebut dibekalkan dalam jadual berikut:

Samples	Chemicals				
	Carbon Tetrachloride	Chloroform	Dichloromethane	Methanol	Toluene
Sample1	8	5	10	3	2
Sample2	2	4	15	8	5
Sample3	0	9	20	11	9
Sample4	3	6	12	15	11
Sample5	10	10	9	10	15

- (i) Sebagai penghuni bangunan ini, kita mengambil berat terhadap tahap-tahap pencemaran bawaan udara yang boleh memudaratkan kesihatan. Hasilkan satu visualisasi menggunakan kaedah pemetaan *koordinat selari* untuk menunjukkan secara visual hubung kait antara bacaan-bacaan bahan kimia di atas.

(15/100)

- (ii) Teknik pemetaan koordinat selari mampu memberikan visualisasi yang baik untuk bilangan pemboleh ubah yang kecil (seperti dalam masalah di atas 5 pemboleh ubah). Unjuran garis-garis yang banyak akan menyemakkan output, dan perkara ini berlaku apabila bilangan pemboleh ubah bertambah. Untuk mengurangkan masalah ini, terangkan dua *penambahbaikan* ke atas kaedah pemetaan koordinat selari.

(15/100)

- (c) Sekumpulan doktor tempatan berusaha untuk melakukan pembedahan berisiko tinggi ke atas seorang pesakit barah otak. Perancangan pembedahan ini telah beberapa bulan dilakukan, dan dengan bantuan pakar visualisasi (iaitu anda), mereka ingin menjalin sesi kolaboratif (kerja berkumpulan) dengan beberapa pakar perubatan (physicians) ahli radiologi dari hospital ternama di UK. Tugas anda adalah untuk menyarankan satu setup/seni bina visualisasi kolaboratif yang sesuai. Berikut adalah kekangan-kekangan yang diberikan kepada anda:

- imej/model otak pesakit adalah "objek" yang dikongsi oleh doktor tempatan dan juga pakar perubatan di UK. Imej/model tersebut berada di hospital tempatan.
- hospital tempatan tidak mempunyai mesin berkeupayaan tinggi untuk menjalankan aplikasi grafik dengan kepantasan masa sebenar - walau bagaimanapun, sesi "interaktif" perlu untuk kes ini.
- hospital tempatan mempunyai talian T1 dengan keupayaan jalur-lebar 1.5Mbits yang diperuntukkan khas untuk tujuan sesi ini.
- kedua-dua hospital (tempatan dan UK) mempunyai perisian visualisasi bagi tujuan kerja berkumpulan.

Sarankan seni bina visualisasi berasaskan web, justifikasikan jawapan anda.

(40/100)

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
Academic Session 2004/2005

October 2004

CCS543 – Data Visualisation

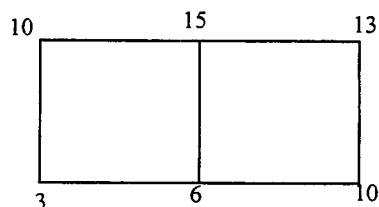
Duration : 2 hours

INSTRUCTION TO CANDIDATES:

- Please ensure that this examination paper contains **FOUR** questions in **SIX** printed pages before you start the examination.
 - Answer any **THREE** questions.
 - You can choose to answer either in Bahasa Malaysia or English.
-

ENGLISH VERSION OF THE QUESTION PAPER

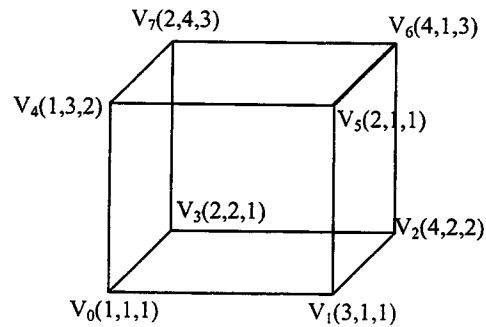
1. (a) (i) Visualization nowadays is a necessary tool across many disciplines. Why are there demands for visualization in these fields? List down the *factors* which spur the recent interest in visualization. (20/100)
- (ii) Modular Visualization Environment (MVE) is one of the styles in visualization system which provides visual programming interface. Briefly describe common *steps* an end-user needs to perform in order to visualize data in the MVE system. What are the main advantages of this paradigm compared to others styles of visualization system. (20/100)
- (b) The visualization reference model divided visualization processes into three logical modules: data enrichment, data mapping and rendering:
- (i) One of the main tasks in the data enrichment module is to create the *model* that best estimate the underlying fields. This model is in general classified into either *interpolation* or *approximation*. Briefly describe *when* do we need to use interpolation (and vice versa approximation), and *why* do we choose one as opposed to the other (and vice versa) (15/100)
- (ii) The mapping stage is where we decide which visualization technique to apply to our *enriched* data. Given there are many range of visualization techniques, we need to classify data into set and associate different techniques with different sets. For each of the data described below, provide the *classification scheme*, and suggest the *mapping technique(s)* to be applied to the scheme:
- Data of the height of individual in CCS543 class.
 - A volumetric data that store velocity, temperature and pressure
 - The water saturation and pressure on a horizontal cross-section of an oil reservoir.
 - A medical data of human head consists of 109 slices of 256 x 256.
- (15/100)
- (c) Given the following 2D scalar data on the grid, *calculate* the intersection points with the edges of the cells and then *draw* the isoline for isovalue of 8. Assume that you are using linear interpolation method and the cell is a unit rectangle.



(30/100)

2. (a) (i) Compare and contrast two 3D scalar visualization techniques namely, *isosurface* and *volume rendering*. Highlight their main differences in approach, their limitations, and advantages over each other. (30/100)
- (ii) Marching Cube (MC) is the first 3D scalar data visualization technique to extract surface(s) from volumetric data. However, MC performs an *exhaustive* search for all cubes (voxels) in the data domain to extract the isosurface for a given isovalue. Discuss how you could *modify* MC algorithm so that only cubes containing the isosurface are searched and processed. (20/100)
- (b) Shading of graphics primitives such as point and triangle will give a realistic looking results, and this process is crucial for both isosurface outputs (set of triangles) and volume rendering (set of sample points). An important component in shading computation is the normal vector which tells us about the orientation of the graphics primitives. Explain how *normal vector* (for isosurface's triangle and volume rendering points) is *estimated* from 3D data defined on a regular voxels grid. (20/100)
- (c) (i) The compositing step in ray casting is performed either in *back-to-front* manner or in the opposite direction namely *front-to-back*. Describe the two compositing approaches (with supporting formula), and highlight why one would prefer one approach (you decide) over the other. (15/100)
- (ii) Maximum Intensity Projection (MIP) is a quick and dirty way to speed up the computational process of volume rendering at the expense of accuracy. Explain what *aspect* of accuracy is sacrificed by this method i.e. its limitations. Why is this method said best used with *angiography*? (15/100)
3. (a) Flow properties can either be visualized directly (from raw vector data) or through some flow related quantities *derived* from the flow data.
- (i) List down these derived quantities, and suggest visualization technique(s) to visualize them. (15/100)
- (ii) What do we loose or gain by visualizing derived flow quantities? Justify your answer. (15/100)

- (b) Consider the following simple 3D flow visualization problem. You are given the velocity $V(x,y,z)$ at the eight corners of the unit cube as shown in the diagram below:



The velocity is expressed as a vector of three components, the first giving the velocity component in x-direction, the second the velocity in y-direction, and the third the velocity in z-direction. Suppose a particle is released at time $t = 0$ from seed point $(0.3, 0.0, 0.0)$. In the following calculation, you are requested to use Runge-Kutta's 2nd order method.

- (i) Calculate an estimate of *where* the particle will travel to after a single time step of 0.1 seconds. (15/100)
- (ii) State the two major *sources* of error in this calculation, and explain how these arise. (10/100)
- (iii) Calculate an estimate of the *velocity* at the *new position* of the particle found in 3(b)(i) above. (15/100)
- (c) Line Integral Convolution (LIC) is a simple texture-based method to visualize 2D flow data.
- (i) Describe how the texture is applied to flow data to create *texture* effect. (20/100)
- (ii) This method will generally show the *direction* of the flow but lacking in the *orientation* of the flow. Suggest an improvement over LIC method so that we can visualize both direction and orientation of the flow i.e. oriented-LIC. (10/100)

4. (a) In Information Visualization, '*focus + context*' is an important concept:
- (i) Explain what is meant by the term and describe the benefits it affords – use an application to illustrate your answer. (15/100)
 - (ii) Describe briefly two practical implementations of the concept discussed in the course. (15/100)
- (b) School of Chemical Sciences in 2003 had carried out a study to monitor the levels of airborne chemicals in the science complex building (that is our building). In the course of this investigation, the scientists have collected samples of airborne acids and volatile organic compound (VOC), and their measurements are as shown in the table below:

Samples	Chemicals				
	Carbon Tetrachloride	Chloroform	Dichloromethane	Methanol	Toluene
Sample1	8	5	10	3	2
Sample2	2	4	15	8	5
Sample3	0	9	20	11	9
Sample4	3	6	12	15	11
Sample5	10	10	9	10	15

- (i) Being the occupants of this building we are obviously concerned with the levels of these airborne chemicals that may be hazardous to our health. Create a visualization using *parallel coordinates* to visually show the relationships between these chemicals measurements. (15/100)
- (ii) Parallel coordinates technique work reasonably well for small number of variables (such as 5 in the above problem). However, the projection of lines can get very cluttered as the number of variables to visualize increases. Describe at least *two improvements* over original parallel coordinate to solve this problem (15/100)

- (c) A group of local doctors are about to perform a critical operation to a brain's tumour patient. They have been planning this operation for months, and with the help from visualisation experts (that is you), they would like to establish a "collaborative" session with physicians from UK's top hospital. Your task is to propose a suitable setup/architecture for "collaborative" visualisation. Below are your constraints:
- the image/model of patient's brain is the "object" of sharing between local doctors and remote physicians. This image/model is located at a local hospital.
 - local hospital does not have powerful machine to run full blown graphics at the speed close to real time – yet it is crucial to have "interactive" session.
 - local hospital has dedicated T1 line with the bandwidth of 1.5Mbits allocated for this session only.
 - local hospital and the remote both have same visualization software for them to collaborate.

Propose web-based visualization architecture for this problem, and justify your choice of proposal.

(40/100)