

SWA-PERLANGGARAN FABRIK MENGGUNAKAN GABUNGAN
PEPOHON-R DAN LENGKUNGAN

NOR ABIDAH BINTI RAHMAT

Tesis ini dikemukakan
sebagai memenuhi syarat penganugerahan
ijazah Sarjana Sains (Sains Komputer)

Fakulti Sains Komputer dan Sistem Maklumat
Universiti Teknologi Malaysia

OGOS 2005

Untuk diri yang tabah dalam mengharungi liku-liku kehidupan

TAHNIAH....

Hidup Mesti Terus...

PENGHARGAAN

Alhamdulillah, akhirnya siap juga penyelidikan ini walaupun melalui tempoh yang agak panjang untuk menyelesaikannya. Sekalung terima kasih buat penyelia, Prof. Madya Daut Daman atas bimbingan dan dorongan yang diberi sepanjang tempoh penyelidikan tesis ini. Kesabaran beliau amat dihargai.

Penghargaan juga ditujukan kepada ibu, Hajah Maimunah binti Abd. Manaf serta keluarga; bang noh, kak lah, bang ali, bang san, bang man, kak imah, bang a sekeluarga dan md zaki yang memberi sokongan dan dorongan dari segi nasihat, bantuan kewangan serta doa. Maaf kerana mengambil masa yang lama untuk menyelesaikan pengajian ini. Terima kasih .

Tidak lupa juga buat Lai Chui Yen dan Chu Kai Chuan yang yang sentiasa ada memberi bantuan dari awal hingga akhir penyelidikan. Buat cik nat, med, faizal, cik awa, kak nita, izuan serta rakan-rakan sama ada yang masih ada di sisi atau telah dipisahkan oleh jarak dan masa, terima kasih di atas sokongan kalian. Moga persahabatan ini kekal hingga ke akhir hayat.

Akhir sekali, untuk Allahyarham Rahmat bin Jamin, kenangan dan nasihat abah tidak akan dilupakan. Moga dimasukkan ke dalam golongan orang-orang yang beriman.

ABSTRAK

Dalam permodelan dan paparan fabrik pada komputer, swa-perlanggaran merupakan suatu proses perlanggaran dan sentuhan titik-titik pada permukaan yang wujud pada model. Swa-perlanggaran terdiri dari dua fasa iaitu, pertama menentukan kewujudan titik-titik perlanggaran dan kedua memastikan bahawa titik-titik yang diperolehi adalah titik perlanggaran atau titik bersebelahan. Model fabrik dijana dengan menggunakan model Jisim-Spring, yang mengambilkira tekanan elastik dan tekanan lembapan sebagai tekanan dalaman dan graviti sebagai tekanan luaran apabila objek bergerak. Objektif penyelidikan ini adalah untuk menghasilkan suatu teknik swa-perlanggaran bagi model fabrik dengan menggabungkan teknik pepohon-R dan kaedah lengkungan. Pepohon-R digunakan untuk membenarkan hanya jumlah nod jelajah yang kecil bagi mengesan kewujudan perlanggaran antara titik-titik, manakala kaedah lengkungan digunakan untuk menentukan kedudukan sebenar titik perlanggaran. Hasil kajian merupakan model fabrik yang mempunyai empat pepenjujur tetap di dalam suatu persekitaran tertutup tanpa sebarang objek lain dengan tiga faktor iaitu pemalar spring, jisim dan lembapan. Proses pengujian dilakukan dengan membuat perbandingan antara model dengan swa-perlanggaran dan model tanpa swa-perlanggaran. Penghasilan dua model ini adalah untuk menilai kesan penggunaan swa-perlanggaran. Kajian kes yang dilaksanakan bagi menentukan had bagi nilai-nilai tiga faktor tersebut agar tiada berlaku penembusan. Hasil pengujian menunjukkan bahawa nilai pemalar spring, jisim dan lembapan yang melebihi 15.0, 0.005 dan 0.95 masing-masing menyebabkan berlakunya penembusan pada model fabrik sehingga menjadikan model fabrik itu tidak stabil dan pecah. Hasil kajian secara keseluruhannya, menunjukkan bahawa penjanaaan model fabrik dengan mengambilkira swa-perlanggaran memberikan satu paparan visual model fabrik yang baik.

ABSTRACT

In fabric modeling and visual display on computer, self-collision is a collision process of points on the surface that exist in the fabric model. Self-collision consists of two phases; firstly is to detect the existence of collision points and secondly is to determine the result whether they are collision or adjacent points. The fabric model is generated using spring-mass model, which takes into account the elastic and damping forces as the internal forces and the gravity as the external forces when the object is moving. The objective of this research is to generate a self-collision technique for fabric model by combining the R-tree technique and curvature method. The R-tree method is used to allow only a minimum number of traversing nodes in detecting collision among the potential collision points and the curvature method is used to determine the actual location of the collision points. The research result is the fabric model which has four fixed diagonal in a closed environment without other objects and together with three factors, that are spring constant, mass and damping. The test is conducted to make comparison between the model with self-collision and the model without self-collision. These two models are generated to evaluate the effectiveness of self-collision. Case studies are carried out to determine the limit for the three foregoing factors to avoid penetration. The test result indicates that the maximum value of spring constant, mass and damping is 15.0, 0.005 and 0.95 respectively which causes penetration on the fabric model that leads to the unstable and broken fabric model. The overall result has shown that the generation of the fabric model that incorporates with self-collision gives a better fabric model visual display.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	PENGESAHAN	
	JUDUL	i
	PERAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	KANDUNGAN	vii
	SENARAI RAJAH	x
	SENARAI ISTILAH	xiv
1	Pengenalan	
	1.1 Pendahuluan	1
	1.2 Latar Belakang Masalah Penyelidikan	3
	1.3 Motivasi Kepada Penyelidikan	4
	1.4 Pernyataan Masalah Penyelidikan	5
	1.5 Matlamat Penyelidikan	6
	1.6 Objektif Penyelidikan	6
	1.7 Skop Penyelidikan	6
	1.8 Sumbangan Ilmiah	7
	1.9 Struktur Tesis	8

2	KAJIAN LITERASI	
2.1	Pendahuluan	9
2.2	Definisi Penentuan Swa-Perlanggaran	10
2.3	Jenis Swa-Perlanggaran	10
2.4	Perwakilan Objek	11
2.4.1	Teknik Berasaskan Geometri	11
2.4.2	Teknik Berasaskan Fizikal	11
2.4.2.1	Teknik Hibrid	15
2.5	Swa-Perlanggaran Bagi Objek Lembut	15
2.6	Isu-isu dan Masalah serta Perbincangan	27
3	METODOLOGI PENYELIDIKAN	
3.1	Pengenalan	30
3.2	Pembangunan Model Jisim-spring	31
3.2.1	Mempertimbangkan Daya	31
3.2.2	Pembinaan Model Fabrik	33
3.3	Mengesan Titik Swa-Perlanggaran	35
3.3.1	Pepohon-R	35
3.3.2	Struktur pepohon-R	35
3.3.3	Proses Pengindeksan Pepohon-R	38
3.4	Menentukan Titik Swa-Perlanggaran	39
3.4.1	Kaedah Lengkungan	39
3.5	Tindakbalas Perlanggaran	42
4	PEMODELAN FABRIK	
4.1	Pendahuluan	44
4.2	Pembinaan Model	45
4.2.1	Perubahan Bentuk Model Jisim-Spring	52
4.3	Mengesan Titik Perlanggaran	54
4.4	Penentuan Titik Perlanggaran	57

5	HASIL DAN PERBINCANGAN	
5.1	Pendahuluan	61
5.2	Hasil Penyelidikan	61
5.3	Pengujian	65
5.3.1	Pengujian 1	66
5.3.2	Pengujian 2	92
5.4	Perbincangan	114
6	KESIMPULAN	
6.1	Kesimpulan	117
6.2	Kelemahan Kajian	119
6.3	Kerja-Kerja Peningkatan Akan Datang	120
	BIBLIOGRAFI	121

SENARAI RAJAH

NO.RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Jenis Pengesanan Perlanggaran (a) permukaan dan kawasan kecil (b) sisi dan sisi	10
2.2	(a) menunjukkan proses anggaran permukaan dan (b) merupakan hasil model setelah 6 kali pengulangan bagi pengenduran permukaan (J. Weil, 1986)	11
2.3	Sel yang dibina menggunakan segitiga $P_0P_1P_2$ dan normal N_i pada titik P_i (Benoit Lafleur, et. al, 1991)	12
2.4	Simulasi manusia dan pakaian (Pascal Volino, Martin Courchesne, Nadia Magnennat Thalmann, 1995)	14
2.5	Model Fizikal Pakaian menggunakan (a) titik hubungan spring, (b) tenaga metrik dan (c) tenaga lengkungan	15
2.6	Reben yang jatuh di atas bola (Xavier Provot, 1997)	17
2.7	Alas meja (David Baraff, Andrew Witkin, 1998)	17
2.8	Imej kain dari pelbagai persepsi (Mathieu Desbrun, et. al, 1999)	18
2.9	Simulasi kain dalam keadaan ditiup angin (S. Romero, et. al, 2000)	19
2.10	Kedudukan Voksel dan Voksel Bersebelahan	19

	Dongliang Zhang, Matthew M..F. Yuen (2000)	
2.11	Animasi skirt (Masaki Oshita, Akifumi Makinouchi, 2001)	20
2.12	Pemodelan manusia dan pakaian (T. Vassilev, et. al, 2001b)	21
2.13	Penganggaran hemisfera melalui 26-DOPs (Olaf Etzmuß, et. al, 2001)	21
2.14	Sub-pembahagian bagi unit ujian jenis 1 (Rynson W. H. Lau, et. al, 2002)	22
2.15	Sub-pembahagian bagi unit ujian jenis 2 (Rynson W. H. Lau, et. al, 2002)	23
2.16	Sub-pembahagian bagi unit ujian jenis 3 (Rynson W. H. Lau, et. al, 2002)	24
2.17	Geseran di antara objek berbentuk sfera dan kain menghasilkan struktur kedutan dan lipatan kain yang kompleks (Robert Bridson, Ronald Fedkiw, John Anderson, 2002)	25
2.18	Perbezaan model kain yang ditunjukkan dalam (a) dan (b) di mana teknik swa-perlanggaran digunakan dan (c) dan (d) tanpa teknik swa-perlanggaran (Arnulph Fuhrmann, et. al, 2003)	26
2.19	J. Mezger, et. al (2003) membandingkan ketepatan pengesanan perlanggaran dan tindak balas perlanggaran dalam (a) Maya Cloth dan (b) kaedah mereka	27
3.1	Rekabentuk Fabrik	31
3.2	Jejaring bagi jisim dan spring yang digunakan di dalam model (Xavier Provot, 1995)	34
3.3	Set bagi spring (Corey O'Connor and Keith Stevens, 2003)	34
3.4	Contoh struktur pengindeksan pepohon-R (Antonin Guttman, 1984)	36
3.5	Sempadan segi empat yang terbentuk setelah	37

	data dimasukkan ke dalam pepohon (Antonin Guttman, 1984)	
3.6	Pepohon yang terbentuk setelah data dimasukkan (Antonin Guttman, 1984)	38
3.7	Lengkungan permukaan (sisi mewakili sub-permukaan); Permukaan A mempunyai lengkungan rendah dan permukaan B mempunyai lengkungan tinggi (Dongliang Zhang, Matthew M.F. Yuen, 2000).	40
3.8	Bentuk kon yang terhasil dan normal bagi segitiga zon bagi permukaan kain (Xavier Provot, 1997).	40
3.9	Kedudukan sudut secara jelas apabila kon dihasilkan (J. Mezger, et. al, 2002)	41
3.10	kon (bersudut α) merangkumi dua kon yang berturutan dalam pepohon berhirarki (sudut α_1 dan α_2) (Xavier Provot, 1997)	41
3.11	Tindak balas yang berlaku apabila titik jejaring, P bersentuhan dengan permukaan titik permukaan, H (T. Vassilev, et. al, 2001a)	42
4.1	Model Jisim-Spring (Corey O'Connor and Keith Stevens, 2003)	45
4.2	Pengisytiharan kelas Verteks	46
4.3	Pengisytiharan kelas Spring	47
4.4	Keratan aturcara penjanaan titik-titik dalam model fabrik	47
4.5	Penjanaan titik-titik dalam model fabrik	48
4.6	Kedudukan titik-titik di dalam model fabrik	48
4.7	Keratan aturcara untuk menjana spring struktur	49
4.8	Hubungan titik dalam spring pemutus	50
4.9	Keratan aturcara untuk menjana spring pemutus	50
4.10	Keratan aturcara untuk menjana spring fleksi	51

4.11	Hubungan spring struktur, spring pemutus dan spring fleksi	52
4.12	Keratan aturcara untuk mengira tekanan pada spring	53
4.13	Keratan aturcara untuk mengira pecutan dan perubahan kedudukan	53
4.14	Perubahan fabrik apabila bucu pepenjuru dilepaskan	54
4.15	Keratan aturcara pencarian titik yang berada di dalam kawasan yang sama	56
4.16	Keratan aturcara penjanaan sempadan segiempat	56
4.17	Sempadan pepohon-R	57
4.18	Lapan titik kejiranan bagi titik yang dikesan	58
4.19	Keratan aturcara penyingkiran titik bersebelahan	58
4.20	Sebahagian senarai titik-titik perlanggaran	59
5.1	Keadaan asal fabrik	61
5.2	Pergerakan fabrik	61
5.3	Keratan aturcara penjanaan segitiga	62
5.4	Segitiga-segitiga yang membentuk fabrik	62
5.5	Kedudukan empat pepenjuru model fabrik	63
5.6	Zon bagi titik pertama (-6.0000, -8.5000, -6.000)	64
5.7	(a) dan (b): Keratan maklumat titik-titik yang berpotensi berlakunya perlanggaran	64
5.8	(a) dan (b): Keratan maklumat titik-titik perlanggaran	65
5.9	Graf tahap penembusan fabrik berdasarkan pemalar spring, jisim dan lembapan	115

SENARAI ISTILAH

Eksplisit	Explicit
Jisim-Spring	Mass-Spring
Kekentalan Kelenturan	Viscous Damping
Kelajuan	Velocities
Lengkungan	Curvature
Permodelan Geometri	Geometric Modeling
Perwakilan Berhierarchy	Hierarchical Representation
Polihedron Cembung	Convex polyhedra
Sempadan	Boundary
Spring Fleksi	Flexion Springs
Spring Pemutus	Shear Springs
Spring Struktur	Structural Springs
Swa-perlanggaran	Self-collision
Tegap	Robust
Tersirat	Implicit
Trajektori	Trajectory

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Pendahuluan

Paparan visual merupakan salah satu aspek penting dalam bidang grafik komputer dan animasi maya. Pelbagai kajian telah dilaksanakan oleh ramai penyelidik dalam usaha untuk menghasilkan paparan visual yang baik. Suatu paparan visual yang baik menjadikan animasi yang dihasilkan menarik dan realistik. Untuk itu, hukum-hukum fizik diambil kira dalam model dan animasi objek. Hukum-hukum fizik diambil kira supaya sifat-sifat semula jadi objek dapat dikekalkan.

Perlanggaran merupakan salah satu sifat semula jadi yang wujud dalam objek. Terdapat tiga fasa dalam proses perlanggaran. Fasa yang pertama adalah mengenal pasti sama ada wujud perlanggaran di antara objek. Fasa kedua pula menentukan kedudukan sebenar titik perlanggaran dan fasa ketiga adalah menjana tindak balas apabila berlaku perlanggaran berdasarkan kepada sifat-sifat objek tersebut.

Sehingga kini, pelbagai teknik telah dihasilkan oleh penyelidik dalam mencari penyelesaian berkaitan dengan perlanggaran. Walau bagaimanapun teknik yang dihasilkan kebanyakannya sesuai untuk persekitaran tertentu sahaja. Ini berdasarkan sifat fizikal objek dan keperluannya kepada bidang-bidang tertentu. Di antara bidang-bidang yang sering menjadi tumpuan kajian ini adalah robotik, animasi, realiti maya, perubatan dan rekabentuk berbantuan komputer (*CAD*). Teknologi robotik selalunya melibatkan kajian terhadap objek yang bersifat pejal.

Kebiasaannya, perlanggaran objek pejal akan menyebabkan kedudukan, arah dan kelajuan objek berubah. Ini berlaku apabila tekanan yang terlalu kuat dikenakan ke atas objek yang dilanggar. Manakala objek boleh ubah pula lebih banyak dihasilkan di dalam aplikasi realiti maya dan animasi.

Fabrik merupakan salah satu objek bolehubah yang menjadi minat ramai penyelidik untuk dikaji disebabkan sifatnya yang unik. Keupayaannya untuk mengubah sifat fizikalnya berdasarkan tekanan luaran dan dalaman yang dikenakan ke atasnya seperti berlakunya kedutan, lipatan ataupun regangan dapat menghasilkan kajian paparan visual yang menarik. Terdapat dua jenis perlanggaran yang mungkin berlaku di dalam fabrik iaitu di antara fabrik dengan persekitaran atau di antara fabrik dengan fabrik. Perlanggaran fabrik dengan fabrik yang dikenali sebagai **swa-perlanggaran** menjadi tumpuan kajian ini. Pengabaian proses perlanggaran ini boleh menyebabkan berlakunya penembusan semasa proses memodelkan fabrik. Fenomena perlanggaran fabrik yang kompleks menyukarkan ramai penyelidik untuk menghasilkan model fabrik yang stabil, tegap dan realistik. Perkara tersebut sering menjadi isu dan perhatian para penyelidik paparan visual pada masa kini.

Teknik *bounding box* dan pepohon berhirarki merupakan teknik-teknik yang telah digunakan dengan meluas untuk menyelesaikan masalah perlanggaran dan swa-perlanggaran bagi simulasi pakaian. Pembinaan pepohon berhirarki dilakukan ketika pra-pemprosesan. Setiap poligon adalah dedaun dalam pohon berhirarki dan nod pepohon dibina secara rekursif oleh dua atau tiga kumpulan elemen bersebelahan. Akar pepohon pula mewakili keseluruhan poligon yang membina objek. Walau bagaimanapun apabila bilangan elemen geometri bertambah dan permukaan adalah boleh ubah, maka *bounding box* yang akan bertindih juga bertambah. Disebabkan itu, penyelesaian swa-perlanggaran sudah tidak efisien lagi. Untuk membaiki masalah swa-perlanggaran, kaedah lengkungan digunakan untuk menyingkir kawasan swa-perlanggaran dan kaedah berasaskan normal dan struktur pepohon berhirarki digunakan untuk melihat sama ada permukaan ada swa perlanggaran. Kaedah lengkungan amat berkesan untuk mengetahui sama ada terdapat swa-perlanggaran dalam satu kawasan yang kecil. Walau bagaimanapun, kaedah ini terhad dan tidak sesuai digunakan pada permukaan yang kompleks (Zhang dan Matthew, 2000).

Ramai di kalangan para penyelidik masih mengkaji untuk menghasilkan teknik swa-perlanggaran yang efisien, pantas, realistik dan tegap. Untuk tujuan animasi, teknik yang sedia ada masih tidak dapat mencapai tahap masa nyata dan tidak stabil. Penghasilan model fabrik berserta dengan sifat-sifat fizikal fabrik seperti kedutan dan lipatan menyebabkan pengiraan menjadi kompleks. Ini disebabkan fabrik merupakan objek yang agak sensitif dengan tekanan. Walaupun tekanan yang dikenakan amat perlahan, bentuk fabrik tetap akan berubah. Maklumat mengenai fabrik yang sentiasa berubah-ubah menyukarkan pengurusan data dalam pembinaan model visual fabrik (Arnulph Fuhrmann, et. al , 2003).

1.2 Latar Belakang Penyelidikan

Terdapat pelbagai aspek penting yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan titik perlanggaran. Antaranya adalah kekompleksan model, kestabilan objek, ketegapan dan kelajuan pengiraan (Rudomín dan Castillo, 2002).

Kekompleksan model bergantung pada jumlah poligon yang membentuk sesuatu objek. Semakin banyak bilangan poligon semakin kompleks rekabentuk objek. Poligon-poligon yang membentuk sesuatu objek biasanya terdiri daripada segitiga-segitiga kecil. Pemecahan objek kepada segitiga-segitiga kecil adalah bagi memudahkan penentuan titik perlanggaran. Namun ia mengambil masa yang lama kerana terlalu banyak segitiga yang perlu diuji.

Kestabilan objek dapat menghasilkan suatu paparan visual yang menggambarkan situasi sebenar. Antara faktor-faktor yang menyebabkan kestabilan adalah penentuan titik perlanggaran yang jitu dan tepat. Ini membawa maksud bahawa titik yang dikesan adalah titik sebenar perlanggaran bukan titik bersebelahan (berjiran). Kesilapan menentukan titik perlanggaran boleh berlaku disebabkan oleh pengujian yang dilakukan dalam menentukan titik telah mengambil kira titik bersebelahan sebagai titik perlanggaran.

Ketepatan amat penting terutama pada persekitaran interaktif contohnya untuk aplikasi realiti maya atau permainan video iaitu interaksi atau perubahan yang dilakukan mesti dilakukan dengan teliti. Ketepatan dalam animasi memastikan keadaan objek selepas perlanggaran adalah bertepatan dengan keadaan sebenar walaupun terdapat ralat semasa pemprosesan data.

Aspek yang terakhir dalam menentukan titik perlanggaran adalah kelajuan pengiraan. Kelajuan pengiraan boleh dipertingkatkan dengan objek berhirarki atau sub-pembahagian ruang. Kebanyakan *polyhedra* dihadkan kepada objek cembung. Tetapi terdapat juga kemungkinan objek tersebut adalah objek tertutup atau *polyhedra* yang terdiri daripada poligon cembung. Penentuan swa-perlanggaran bagi objek lembut adalah rumit kerana ia mungkin terdiri daripada ratusan atau ribuan poligon yang sifat geometrinya sentiasa berubah.

1.3 Motivasi Kepada Penyelidikan

Kebanyakan aplikasi grafik dalam rekabentuk model pakaian yang dihasilkan tidak mengambil kira swa-perlanggaran. Ini kerana kos pengiraannya terlalu tinggi bagi aplikasi secara interaktif. Walaupun terdapat kaedah yang mengambil kira swa-perlanggaran dalam memodelkan pakaian seperti Pascal Volino dan Nadia Magnennat Thalmann (1998a) dan Xavier Provot (1997) namun kaedah swa-perlanggaran kerap diabaikan untuk menghasilkan animasi masa nyata (Arnulph Fuhrmann, et. al , 2003).

Masalah kepantasan dalam menentukan titik swa-perlanggaran dapat diatasi dengan penggunaan kaedah lengkungan bagi menyingkir kawasan swa-perlanggaran. Kaedah berasaskan normal dan struktur pepohon berhirarki pula digunakan untuk melihat sama ada berlakunya swa-perlanggaran pada permukaan fabrik. Kaedah lengkungan amat berkesan untuk mengetahui sama ada terdapat swa-perlanggaran dalam satu kawasan yang kecil. Walau bagaimanapun, kaedah ini terhad dan tidak sesuai digunakan pada permukaan yang kompleks (Dongliang Zhang dan Matthew M.F. Yuen, 2000).

Penyelidikan ini adalah berdasarkan masalah yang timbul daripada isu realistik apabila penentuan titik swa-perlanggaran dipertimbangkan dalam memodelkan fabrik. Model fabrik yang akan dibangunkan akan memasukkan pengiraan titik swa-perlanggaran ke dalam pengiraan. Tindak balas swa-perlanggaran akan dilakukan semasa pemprosesan sebaik sahaja sistem mendapati berlakunya swa-perlanggaran. Hasil penyelidikan ini akan diuji dengan cara membandingkan sifat realistik pada fabrik yang dimodelkan tanpa penentuan titik swa-perlanggaran di dalam pengiraan titik swa-perlanggaran.

Penyelidikan yang dijalankan ini akan lebih menumpukan kepada persekitaran fabrik sahaja tanpa mempertimbangkan faktor-faktor halangan sama ada berupa objek-objek kaku atau objek yang bergerak. Walau bagaimanapun, penyelidikan ini boleh dijadikan alternatif penyelesaian untuk diaplikasikan dalam bidang animasi dan realiti maya.

1.4 Pernyataan Masalah Penyelidikan

Berdasarkan kepada masalah-masalah yang telah disebutkan di atas, maka pelbagai persoalan telah timbul bagi menghasilkan suatu algoritma pengesanan perlanggaran yang efisien terutama bagi perlanggaran objek yang sama jenis. Persoalan-persoalan yang akan dikupas dalam penyelidikan ini adalah:

- i. Adakah teknik penentuan swa-perlanggaran dapat diimplementasikan dalam model fabrik.
- ii. Adakah model fabrik dapat berinteraksi dengan persekitaran apabila dikenakan daya ke atasnya.

1.5 Matlamat Penyelidikan

Matlamat utama penyelidikan ini adalah menghasilkan suatu teknik memodelkan fabrik berasaskan titik swa-perlanggaran yang boleh mengawal partikel fabrik dari berlaku penembusan. Teknik ini akan menentukan kedudukan titik swa-perlanggaran yang wujud pada permukaan fabrik yang lembut apabila suatu tekanan dikenakan ke atasnya. Suatu tindakbalas berasaskan sifat fizikal fabrik bagi mengelakkan daripada berlakunya penembusan.

1.6 Objektif Penyelidikan

Objektif penyelidikan ini adalah:

1. Mencadangkan suatu teknik swa-perlanggaran dengan menggabungkan teknik pepohon-R dan kaedah lengkungan.
2. Membangunkan prototaip perisian bagi paparan visual model fabrik dengan pengujian yang realistik.

1.7 Skop Penyelidikan

Skop penyelidikan ini adalah tertumpu kepada:

1. Membina prototaip sistem yang dibangunkan dalam persekitaran Windows XP. Dalam penyelidikan ini, pustaka OpenGL digunakan bagi tujuan memodelkan dan animasi.
2. Pemilihan model yang terbaik untuk paparan visual fabrik dipilih berdasarkan teknik yang sedia ada yang kerap menjadi pilihan penyelidik untuk diimplementasi.
3. Mengenalpasti tekanan yang dikenakan ke atas fabrik. Tekanan luaran yang dikenakan adalah tekanan graviti. Tekanan dalaman pula adalah

- bersamaan dengan tekanan spring-spring. Sistem ini dikawal oleh hukum asas newton.
4. Perlanggaran yang berlaku pada fabrik hanyalah di antara fabrik dan fabrik itu sendiri dan tidak membabitkan objek lain. Oleh itu, aplikasi hanya melibatkan fabrik dalam bentuk permukaan boleh ubah dua dimensi.
 5. Menentukan kedudukan titik bagi perlanggaran terkini diproses dan disimpan di dalam pepohon berhirarki bagi memudahkan pemprosesan maklumat tersebut. Ini disebabkan fabrik dimodelkan dalam persekitaran dinamik.
 6. Menentukan titik swa-perlanggaran dalam fabrik apabila tekanan dikenakan ke atasnya semasa proses animasi. Rekabentuk model fabrik dihasilkan dengan mengkaji perbezaan pelbagai kaedah bagi mencari pendekatan yang terbaik untuk dilaksanakan.
 7. Melakukan pengujian untuk melihat sifat realistik pada fabrik sekiranya penentuan swa-perlanggaran dilakukan ke atas model yang dibina.

1.8 Sumbangan Ilmiah

Sumbangan ilmiah dalam penyelidikan ini adalah

- i. Menghasilkan teknik swa-perlanggaran hasil daripada gabungan dua teknik iaitu pepohon-R dan teknik lengkungan.
- ii. Menghasilkan prototaip yang berupaya menunjukkan kepentingan swa-perlanggaran. Hasil daripada pembangunan model-model tersebut akan membuktikan bahawa matlamat penyelidikan tercapai.

1.9 Struktur Tesis

Tesis ini mengandungi enam bab seperti berikut:

Bab I merupakan pengenalan kepada penyelidikan yang dijalankan. Ia merangkumi perbincangan mengenai latar belakang penyelidikan, pernyataan masalah, matlamat objektif serta skop penyelidikan. Kepentingan penyelidikan dan sumbangan ilmiah turut dimuatkan dalam bab ini.

Bab II membincangkan tentang kajian literasi yang dilakukan. Bab ini amat penting bagi menyokong penyelidikan. Ini merangkumi kaedah-kaedah dalam pengesanan perlanggaran, memodelkan fabrik dan juga teknik penentuan titik swa-perlanggaran serta penyelesaian isu yang telah dilakukan oleh para penyelidik sebelum ini. Perbandingan dan rumusan dalam menentukan kaedah terbaik turut dibuat dan dibincangkan dalam bab ini.

Bab III menjelaskan tentang metodologi penyelidikan. Dalam bab ini, kaedah-kaedah yang terlibat dalam penyelidikan akan dibincangkan secara terperinci.

Bab IV membincangkan bagaimana teknik penentuan titik perlanggaran diaplikasikan dalam model fabrik. Penerangan secara terperinci akan dibuat mengenai teknik ini merangkumi model fabrik yang digunakan dan tindak balas akibat perlanggaran.

Bab V membincangkan isu implementasi model fabrik. Model ini akan diuji bagi menentukan keberkesanannya. Proses dan hasil pengujian akan dibincangkan di dalam bab ini.

Bab VI merangkumi kesimpulan penyelidikan secara keseluruhan dan juga perancangan peningkatan penyelidikan seterusnya pada masa hadapan.

dunia sebenar. Namun disebabkan tujuan penyelidikan adalah swa-perlanggaran maka penggunaan tekstur pada fabrik diabaikan.

6.4 Kerja-kkerja Peningkatan Akan Datang

Bagi meningkatkan lagi hasil penyelidikan ini, beberapa cadangan bagi kerja peningkatan akan datang dibincangkan. Berikut merupakan cadangan kerja-kkerja peningkatan yang boleh dilaksanakan untuk memperbaiki paparan model fabrik untuk penyelidikan di masa hadapan.

- i.** Menambahkan lagi faktor-faktor luaran dan dalaman seperti tiupan angin, kesan regangan, renyukan dan lipatan.
- ii.** Menambahkan tekstur bagi model supaya model lebih kelihatan realistik.
- iii.** Menambahkan objek-objek halangan di dalam persekitaran supaya kesan perlanggaran juga dapat dilihat.
- iv.** Antaramuka prototaip dibaiki dengan membenarkan pengguna mengubah nilai pembolehubah tanpa melarikan aturcara.

BIBLIOGRAFI

- Ankur Lahoti (2000). "Simulation of Highly Deformable Objects: Cloth Animation." Indian Institute of Technology Kanpur: Bachelor's Thesis.
- Antonin Guttman (1984). "R-Trees: A Dynamic Index Structure For Spatial Searching." ACM 1984.
- Arnulph Fuhrmann, et. al (2003). "Interactive Animation of Cloth Including Self Collision Detection." *Journal of WSCG 2003*. **11**.
- B. Eberhardt, O. Eitzmuß, M. Hauth (2000). "Implicit-Explicit Schemes for Fast Animation with Particle Systems." Wilhelm-Schickard-Institut, University Tubingen.
- Benoit Lafleur, et. al (1991). "Cloth Animation with Self-Collision Detection." Online, <http://ligwww.epfl.ch/~thalmann/papers.dir/IFIP91.skirt.pdf>.
- Bruno Heidelberger et.al (2004). "Detection of Collisions and self-Collisions Using Image-space Techniques." *Journal of WSCG 2004*. **12**.
- Corey O'Connor and Keith Stevens (2003), "Modeling Cloth Using Mass Spring Systems." Online, <http://www.cs.lth.se/~calle/report.pdf>.
- David E. Breen et. al (1994). "Predicting the Drape of Woven Cloth using Interacting Particles." SIGGRAPH 94 Conference Proceedings, Orlando, FL, USA. 365-372.

- David Baraff, Andrew Witkin (1998). "Large Step in Cloth Simulation." Computer Graphics Proceedings, 1998.
- Dongliang Zhang, Matthew M. .F. Yuen (2000). "Collision Detection for Clothed Human Animation." Proc. Of Pacific Graphics. 328-337.
- Eischen, J. W. and Bigliani, R. (2000). "Continuum Versus Particle Representation." dlm. House, D. H., dan Breen, D. E. "Cloth Modeling and Animation Book." A.K. Peters. 79-122.
- House, D. H. and Breen, D. E. (2000). "Cloth Modeling and Animation." A.K. Peters.
- Hing H. Ng, Richard L. Grimsdale (1996). "Computer Graphics Techniques For Modeling Cloth." IEEE Computer Graphics and Applications. 28-41.
- Hughes, M. et. al (1996). "Efficient and Accurate Interference Detection For Polynomial Deformation." Proceedings of Computer Animation, Geneva, Switzerland.
- Isaac Rudomín, José Luis Castillo (2002). "Real-Time Clothing: Geometry and Physics." Dept. of Computer Science, ITESM-CEM, Mexico.
- J. Mezger, et. al (2003). "Hierarchical Techniques in Collision Detection for Cloth Animation." *Journal of WSCG 2003*. **11**.
- J. Mezger, et. al (2002). "Improved Collision Detection and response Techniques for Cloth Animation." Wilhelm-Schickard-Institut, University Tübingen.
- J. Weil (1986). "The Synthesis of Cloth Objects." Computer Graphics (SIGGRAPH'86 proceedings). 20. 49-54.

Kang Y. M. et. al (2001). "An efficient Animation of Wrinkled Cloth with Approximate Implicit Integration." *The Visual Computer Journal*. **17**. 147-157.

Kwang-Jin Choi, Hyeong-Seok Ko (2002). "Stable but Responsive Cloth." ACM 2002.

Lim, Yi-Je (2002). "Physically-Based Deformation Using Mass-Spring-Damper Model." Online, <http://lumumba.uhasselt.be/~panter/thesis/Papers/Physically-Based%20Deformation%20Using%20Mass-Spring-Damper%20Model.pdf>.

Mark Meyer, et. al (2001). "Interactive Animation of Cloth-like Objects in Virtual Reality." *The journal of Visualization and Computer Animation*. **12**. 1-12.

Markus Umefjord (2000). "Animating Dynamics Surfaces in 3D: A Study on Virtual Clothing." Online, <http://www.cs.umu.se/~c96mud>

Masaki Oshita, Akifumi Makinouchi (2001). "Real-time Cloth Simulation with Sparse Particles and Curved Faces." Dept. of Intelligent Systems, Graduate School of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University, Japan.

Mathieu Desbrun, et. al (1999). "Interactive Animation of Structured Deformable Objects." In *Graphics Interface*, 1-8.

Matthew Moore, Jane Wilhelms (1988). "Collision Detection and Response for Computer Animation." *Computer Graphics ACM* August 1988. 22.

Michael Hauth, Olaf Etzmuß (2001). "A High Performance Solver For The Animation of deformable Objects using Advanced Numerical Methods." In *Proc. Eurographics 2001*.

Ming Chieh Lin (1993). "Efficient Collision Detection for Animation and Robotics." University of California, Berkeley: PhD Thesis.

Nebosa Jovic (1997). "Computer Modeling, Analysis and Synthesis of Dresses Human."
Universiti of Illiniois, Urbana-Champaign: Master Thesis.

Olaf Eitzmuß, et. al (2001). "A Cloth Modeling System for Animated Characters."
Wilhelm-Schickard-Institut, University Tubingen.

Pascal Volino, Nadia Magnennat Thalmann (2000). "Implementing Fast Cloth simulation
with Collision Response." MIRALab, University Of Geneva, Switzerland.

Pascal Volino, Nadia Magnennat Thalmann (2001). "Comparing Efficiency of
Integration Methods for Cloth Simulation." MIRALab, University Of Geneva,
Switzerland.

Pascal Volino, Nadia Magnennat Thalmann (1998b). "Developing Simulation
Techniques for an Interactive Clothing System." MIRALab, University Of Geneva,
Switzerland.

Pascal Volino, Nadia Magnennat Thalmann (1998a). "Collision and Self-Collision
Detection: Efficient and Robust Solutions for Highly Deformable Surfaces."
MIRALab, University Of Geneva, Switzerland.

Pascal Volino, Nadia Magnennat Thalmann (1998c). "Interactive Cloth Simulation:
Problems and Solutions." MIRALab, University Of Geneva, Switzerland.

Pascal Volino, Martin Courchesne, Nadia Magnennat Thalmann (1995). "Versatile and
Efficient Techniques for Simulating Cloth and other Deformable Objects."
MIRALab, University Of Geneva, Switzerland.

- Pascal Volino, Nadia Magnennat Thalmann (1994). "Efficient Self-Collision Detection on Smoothly Discretized Surface Animations Using Geometrical Shape Regularity." MIRALab, University Of Geneva, Switzerland.
- Paul Baker (2003). "Cloth Simulation." Online, www.paulsprojects.net
- Philip M. Hubbard (1993). "Interactive Collision Detection." Department Of Computer Science, Brown University, RI.
- Robert Bridson, Ronald Fedkiw, John Anderson (2002). "Robust Treatment of Collisions, Contact and Friction for Cloth Animation." Stanford University.
- Robert Bridson, S. Marino, Ronald Fedkiw (2003). "Simulation of Clothing with Folds and Wrinkles." Eurographics/SIGGRAPH Symposium on Computer Animation (2003).
- Rynson W. H. Lau, et. al (2002). "A Collision Detection Framework for Deformable Objects." ACM VRST'02, 113-120.
- S. Gottshalk, M. Lin, D. Monocha (1996). "OBB-tree: A Hierarchical structured for rapid interference detection." Proc. of ACM Siggraph'96. 171-179.
- S. Kanaganathan, R. Wait (1998). "Collision handling of Polyhedral Objects." Department of Computer Science, University of Jaffna, Sri Lanka.
- S. Romero, et. al (2000). "Parallel Algorithm for Fast Cloth Simulation." VECPAR'2000, Portugal.
- Sunil Hadap, et. al (1999). "Animating Wrinkles on Clothes." IEEE 1999.

- Synder, J. M et. al (1993). "Interval Methods for Multi-Point Collisions between Time-Dependent Curved Surfaces." Computer Graphics annual series. 321-334.
- T.L. Kunii, H.Gotoda (1990), "Modelling and Animation of Garment Wrinkle formation Processes." Computer Animation'90 Proceedings. Spronger-Verlag. 131-146.
- T. Vassilev, et. al (2001a). "Fast Cloth Animation on Walking Avatars." In Computer Graphics Forum (Proc. Of Eurographics).
- T. Vassilev, et. al (2001b). "Efficient Cloth Model and Collisions Detection for Dressing Virtual People." Dept. of Computer Science, University College London, United Kingdom.
- Theodoridis, Y. and Sellis, T. (1996). "A Model for the Prediction of R-tree Performance." ACM 1996.
- Vorgelet Von (2002). "Animations of Surfaces with Applications to Cloth Modelling." University of Tübingen, Germany: PhD Thesis.
- Will Portnoy, Dan Grossman (2000). "Mass-Spring Model." Online, <http://www.cs.washington.edu/homes/grossman/projects/557project/index.html>
- Xavier Provot (1997). "Collision and Self-Collision Handling in Cloth Model Dedicated to Design Garments." Institut National de Recherche en Informatique et Automatique (INRIA), France.
- Xavier Provot (1995). "Deformation Constraints in a Mass-Spring Model to Describe Rigid Cloth Behavior." Institut National de Recherche en Informatique et Automatique (INRIA).