

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



247130

# การแปดรูปหลายเหลี่ยมตามนิตินเป็นรูปเรขาคณิตปฐมฐานด้วยเรขกรรณ

นายทรงพล อัครฉวีรัถกัษณ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

600252448



247130

การแปลงรูปหลายเหลี่ยมสามมิติเป็นรูปเรขาคณิตปฐมฐานด้วยเรขกรภาพ



นายทรงพล อัดตสิริลักษณ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



5 1 7 0 3 1 1 1 2 1

# 3D POLYGONAL MESH TO PRIMITIVE CONVERSION USING REEB GRAPH

Mr. Songpol Attasiriluk

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering Program in Computer Engineering

Department of Computer Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การแปรรูปหลายเหลี่ยมสามมิติเป็นรูปเรขาคณิตปฐม  
ฐานด้วยเรขกรภาพ

โดย

นายทรงพล อัดตสิริลักษณ์

สาขาวิชา

วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

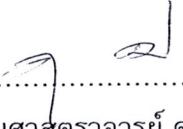
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิษณุ คนองชัยยศ

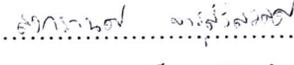
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้  
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

  
..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ประสิทธิ์จตุระกุล)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิษณุ คนองชัยยศ)

  
..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(ดร.สงกรานต์ จารุสิริสวัสดิ์)

ทรงพล อัดตสิริลักษณ์ : การแปลงรูปหลายเหลี่ยมสามมิติเป็นรูปเรขาคณิตปฐมฐานด้วยเรบกราฟ (3D POLYGONAL MESH TO PRIMITIVE CONVERSION USING REEB GRAPH) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร. พิษณุ คนองชัยยศ , 112 หน้า

247130

โลกเสมือนใช้การแทนวัตถุสามมิติด้วยรูปเรขาคณิตปฐมฐานและรูปเรขาคณิตปฐมฐานแบบนั้น ซึ่งไม่เหมือนกับโปรแกรมที่ใช้งานทั่วไปที่ใช้การแทนวัตถุสามมิติแบบเมช ดังนั้นการแปลงวัตถุสามมิติแบบเมชเป็นรูปเรขาคณิตปฐมฐานจะทำให้ลดภาระและค่าใช้จ่ายในการสร้างวัตถุสามมิติขึ้นมาใหม่ในโลกเสมือน งานวิจัยนี้ได้ใช้เรบกราฟโดยมีระยะทางจีโอเดสิกเฉลี่ยเป็นมอร์สฟังก์ชันในการแปลงวัตถุสามมิติแบบเมชเป็นรูปเรขาคณิตปฐมฐานเพื่อให้วัตถุสามมิติที่แทนด้วยรูปเรขาคณิตปฐมฐานนั้นมีรูปร่างเหมือนกับวัตถุสามมิติต้นฉบับ แล้วจึงนำไปเปรียบเทียบว่ารูปเรขาคณิตปฐมฐานใดเหมาะสมที่สุด ผลการทดลองวัดความเหมือนด้วยระยะทางเฮาส์ดอร์ฟจากวัตถุสามมิติ 380 ชิ้น 19 ประเภทของมหาวิทยาลัยปรีนซ์ตันสรุปว่าวัตถุสามมิติที่แทนด้วยรูปเรขาคณิตปฐมฐานมีรูปร่างเหมือนกับวัตถุสามมิติต้นฉบับโดยวัตถุสามมิติที่มีลักษณะนูนจะเหมือนต้นฉบับมากกว่าวัตถุสามมิติที่มีลักษณะเว้า

ภาควิชา.....วิศวกรรมคอมพิวเตอร์.....ลายมือชื่อนิสิต.....ทรงพล อัดตสิริลักษณ์.....  
สาขาวิชา.....วิศวกรรมคอมพิวเตอร์.....ลายมือชื่อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....  
ปีการศึกษา.....2553.....

# # 5170311121 : MAJOR COMPUTER ENGINEERING

KEYWORDS : PRIMITIVE, MESH, TOPOLOGY, REEB GRAPH

SONGPOL ATTASIRILUK : 3D POLYGONAL MESH TO PRIMITIVE  
CONVERSION USING REEB GRAPH

ADVISOR : ASST. PROF. PIZZANU KANONGCHAIYOS, Ph.D., 112 pp

247130

In Virtual world 3D objects are represented by primitives and sculpted primitive but in general programs use polygonal mesh. Hence, 3D polygonal mesh to primitive conversion can reduce cost and time to create new 3D object in Virtual world. We preserve shape of 3D object by using, average geodesic distance (AGD) as a Morse function in, Reeb graph. Then compare all defined fitting primitives and choose the best one. The results were measured by hausdorff distance with the originals of 380 models 19 types from Princeton University show that primitive represented objects have the same shape as originals. The convex objects have less hausdorff distance than the concave objects.

Department..... Computer Engineering..... Student's Signature .....  
Field of Study..... Computer Engineering..... Advisor's Signature.....  
Academic Year..... 2010.....

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ (AS585A) ได้รับการสนับสนุนบางส่วนจาก โครงการส่งเสริมการวิจัยใน  
อุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา  
ขอขอบคุณ ผศ.ดร. พิษณุ คนองชัยยศ ที่ปรึกษาของวิทยานิพนธ์นี้ วิทยานิพนธ์เล่มนี้  
คงจะเกิดขึ้นไม่ได้ถ้าขาดอาจารย์ ขอขอบคุณอาจารย์ที่ช่วยชี้แนะ สั่งสอน ตลอดมา

ขอขอบคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ที่ให้ข้อคิดและข้อเสนอแนะต่าง ๆ  
อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการพัฒนาคุณภาพของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ซึ่งคณะกรรมการสอบ  
วิทยานิพนธ์นั้น ประกอบไปด้วย รศ.ดร. สมชาย ประสิทธิ์จตุระกุล และ ดร.สงกรานต์ จารุสิริ  
สวัสดิ์

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้องๆ ทั้งในห้องวิจัยคอมพิวเตอร์กราฟฟิก และเพื่อน ๆ ทุก  
คน ที่แบ่งปันความรู้ ช่วยเหลือกัน และเป็นกำลังใจให้กันเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณมารดาและบิดาของข้าพเจ้าที่เลี้ยงดู สนับสนุน ทำให้ข้าพเจ้ามี  
โอกาสได้เข้ามาศึกษาที่นี้จนสามารถสร้างสรรค์วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขึ้นมาได้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	4
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย.....	5
1.6 ผลงานตีพิมพ์จากงานวิจัย.....	6
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1.1 ทอพอโลยี.....	7
2.1.2 ทฤษฎีมอร์ส.....	7
2.1.3 เรบกราฟ.....	8
2.1.4 ระยะเวลาจีโอเดสิก.....	9
2.1.5 อัลกอริทึมของดิจค์สตรา.....	10
2.1.6 ระยะเวลาเฮาส์ดอร์ฟ.....	10
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11
2.2.1 การจับคู่รูปร่าง.....	11
2.2.2 การแทนวัตถุด้วยเรบกราฟ.....	16
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	18

	หน้า
3.1 ภาพรวมของการทำงาน .....	18
3.2 ขั้นตอนก่อนการดำเนินการ .....	19
3.3 การสร้างเรบกราฟ .....	21
3.3.1 การหาระยะทางจีโอเดสิกเฉลี่ยด้วยอัลกอริทึมของดิจค์สตรา .....	21
3.3.2 การแบ่งนั้บระยะทางจีโอเดสิกเฉลี่ยแบบเอกรูป .....	24
3.3.3 การหาจุดยอดของเรบกราฟและเชื่อมเส้นเชื่อม .....	25
3.4 การแบ่งส่วนวัตถุสามมิติโดยอาศัยเรบกราฟ .....	27
3.5 การแทนวัตถุสามมิติด้วยรูปเรขาคณิตปฐมฐาน .....	28
3.5.1 รูปเรขาคณิตปฐมฐานที่ใช้ .....	28
3.5.2 วิธีการแทนวัตถุสามมิติด้วยรูปเรขาคณิตปฐมฐาน .....	29
3.5.2.1 ทรงกลม .....	29
3.5.2.2 ทรงกระบอก .....	30
3.5.2.3 ระนาบ .....	32
3.6 วิเคราะห์ประสิทธิภาพความซับซ้อนเชิงเวลา .....	36
บทที่ 4 การทดลองและวิเคราะห์ผล .....	37
4.1 ภาพรวมของการทดลอง .....	37
4.2 การทดสอบความต่างของแบบจำลองสามมิติที่แทนด้วยรูปเรขาคณิตปฐมฐานกับ แบบจำลองสามมิติต้นฉบับ .....	37
4.2.1 ข้อยูนิยาม .....	37
4.2.2 วิธีการทดสอบ .....	38
4.2.3 เครื่องมือที่ใช้ .....	38
4.2.4 สมมุติฐาน .....	38
4.3 ผลการทดสอบ .....	38
4.4 วิเคราะห์ผล .....	51
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ .....	62

5.1	ข้อเสนอแนะ .....	65
	รายการอ้างอิง .....	66
	ภาคผนวก.....	70
	ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ .....	112



ตารางที่ 4.15 ผลการทดสอบวัตรระยะทางเฮาส์ดอร์ฟของวัดฤๅสามมิติที่แทนด้วยรูปเรขาคณิต ปฐมฐานกับวัดฤๅสามมิติตันฉบัรปร่างนก .....	46
ตารางที่ 4.16 ผลการทดสอบวัตรระยะทางเฮาส์ดอร์ฟของวัดฤๅสามมิติที่แทนด้วยรูปเรขาคณิต ปฐมฐานกับวัดฤๅสามมิติตันฉบัรปร่างสัตว์ประหลาด .....	47
ตารางที่ 4.17 ผลการทดสอบวัตรระยะทางเฮาส์ดอร์ฟของวัดฤๅสามมิติที่แทนด้วยรูปเรขาคณิต ปฐมฐานกับวัดฤๅสามมิติตันฉบัรปร่างรูปปั้น.....	47
ตารางที่ 4.18 ผลการทดสอบวัตรระยะทางเฮาส์ดอร์ฟของวัดฤๅสามมิติที่แทนด้วยรูปเรขาคณิต ปฐมฐานกับวัดฤๅสามมิติตันฉบัรปร่างกล่อง.....	48
ตารางที่ 4.19 ผลการทดสอบวัตรระยะทางเฮาส์ดอร์ฟของวัดฤๅสามมิติที่แทนด้วยรูปเรขาคณิต ปฐมฐานกับวัดฤๅสามมิติตันฉบัรปร่างชิ้นส่วนเครื่องจักร.....	48
ตารางที่ 4.20 ผลการทดสอบวัตรระยะทางเฮาส์ดอร์ฟของวัดฤๅสามมิติที่แทนด้วยรูปเรขาคณิต ปฐมฐานกับวัดฤๅสามมิติตันฉบัรปร่างแจกัน.....	49
ตารางที่ 4.21 ผลการทดสอบวัตรระยะทางเฮาส์ดอร์ฟของวัดฤๅสามมิติที่แทนด้วยรูปเรขาคณิต ปฐมฐานกับวัดฤๅสามมิติตันฉบัรปร่างสัตว์.....	49
ตารางที่ 4.22 เวลาที่ใช้ในการทดสอบ .....	50

## สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 โรงเรียนกฎหมายฮาวาร์ดทำการเรียนการสอนผ่านทางโลกเสมือน Second Life .....	1
รูปที่ 1.2 การแทนวัตถุสามมิติแบบเมช .....	2
รูปที่ 1.3 การแทนวัตถุสามมิติด้วยรูปเรขาคณิตปฐมฐานในโลกเสมือน.....	2
รูปที่ 1.4 เพิ่มข้อมูลรูปภาพ (ซ้าย) รูปเรขาคณิตปฐมฐานแบบป็นรูปกล้วยจากรูปเรขาคณิต ปฐมฐานทรงกระบอก (กลาง) รูปเรขาคณิตปฐมฐานแบบป็นรูปกล้วยจากรูปเรขาคณิตปฐมฐาน ระนาบ (ขวา).....	3
รูปที่ 1.5 แผนภาพแกนต์แสดงระยะเวลาการดำเนินการวิจัย.....	5
รูปที่ 2.1 การแทนค่าด้วยเรขกราฟโดยใช้ฟังก์ชันความสูง .....	8
รูปที่ 2.2 ระยะเวลาจีโอเดสิก .....	9
รูปที่ 2.3 ระยะเวลาเฮาส์ดอร์ฟระหว่างชุดข้อมูล X กับชุดข้อมูล Y.....	11
รูปที่ 2.4 การสกัดลักษณะในแคด/แคม(CAD/CAM) จากงานวิจัย [6] .....	12
รูปที่ 2.5 การใช้รูปภาพในการจับคู่รูปร่างของวัตถุสามมิติจากงานวิจัย [9] .....	13
รูปที่ 2.6 การใช้ความโค้งเพื่อหารูปร่างของวัตถุสามมิติจากงานวิจัย [12].....	14
รูปที่ 2.7 การจับคู่วัตถุสามมิติโดยใช้ฮิสโทแกรมในงานวิจัย [16].....	15
รูปที่ 2.8 การหากระดูกโดยใช้แกนกลางในงานวิจัย [20].....	16
รูปที่ 2.9 การใช้เรขกราฟแทนวัตถุสามมิติจากงานวิจัย [4] .....	16
รูปที่ 3.1 ภาพรวมของการทำงาน .....	19
รูปที่ 3.3 วัตถุสามมิติก่อนการแบ่งเส้นเชื่อมที่ยาวเกินไป (ซ้าย) และหลังการแบ่งเส้นเชื่อมที่ ยาวเกินไป (ขวา).....	21
รูปที่ 3.4 การหาระยะจีโอเดสิกด้วยการประมาณจากระยะทางที่สั้นที่สุด .....	22
รูปที่ 3.5 จุดยอดฐานของวัตถุสามมิติรูปร่างคน .....	23
รูปที่ 3.6 ระยะจีโอเดสิกเฉลี่ยของวัตถุสามมิติรูปร่างคน .....	24
รูปที่ 3.7 การแบ่งนับระยะทางจีโอเดสิกเฉลี่ยของวัตถุสามมิติรูปร่างคนออกเป็นห้าชุดระดับ .	25
รูปที่ 3.8 เรขกราฟของวัตถุสามมิติรูปร่างคนจากการแบ่งนับออกเป็นห้าชุดระดับ .....	27

รูปที่ 3.9 วัดฤๅษามิตติรูปร่างคนที่แบ่งส่วนตามเส้นเชื่อมของเรขกภาพ ..... 28

รูปที่ 3.10 รูปเรขาคณิตปฐมฐานที่ใช้สามประเภท ทรงกลม(ซ้าย) ทรงกระบอก(กลาง) ระนาบ (ขวา).....29

รูปที่ 3.11 การหาทรงกลมที่เหมาะสมที่สุดกับส่วนของวัดฤๅษามิติ ..... 30

รูปที่ 3.12 การหาทรงกระบอกที่เหมาะสมที่สุดกับส่วนของวัดฤๅษามิติ ..... 32

รูปที่ 3.13 การหาระนาบที่เหมาะสมที่สุดกับส่วนของวัดฤๅษามิติ..... 34

รูปที่ 3.14 วัดฤๅษามิตติที่ถูกแทนด้วยรูปเรขาคณิตปฐมฐาน..... 35

รูปที่ 3.15 วัดฤๅษามิตติต้นฉบับ ..... 35

รูปที่ 4.1 วัดฤๅษามิตติรูปถ้วยหมายเลข 39 ที่มีค่าเวลาสูงผิดปกติเนื่องจากหน้าซ้อนกัน ..... 50

รูปที่ 4.2 วัดฤๅษามิตติรูปถ้วยที่แทนด้วยรูปเรขาคณิตปฐมฐาน (จำนวนชุดระดับสิบ)..... 51

รูปที่ 4.3 วัดฤๅษามิตติต้นฉบับรูปถ้วย ..... 52

รูปที่ 4.4 วัดฤๅษามิตติรูปถ้วยที่แทนด้วยรูปเรขาคณิตปฐมฐาน (จำนวนชุดระดับสิบ)..... 53

รูปที่ 4.5 วัดฤๅษามิตติต้นฉบับรูปถ้วย ..... 53

รูปที่ 4.6 วัดฤๅษามิตติรูปถ้วยที่แทนด้วยรูปเรขาคณิตปฐมฐาน (จำนวนชุดระดับแปด)..... 54

รูปที่ 4.7 วัดฤๅษามิตติต้นฉบับรูปถ้วย ..... 55

รูปที่ 4.8 วัดฤๅษามิตติรูปถ้วยที่แทนด้วยรูปเรขาคณิตปฐมฐาน (จำนวนชุดระดับสอง) ..... 56

รูปที่ 4.9 วัดฤๅษามิตติรูปถ้วยที่แทนด้วยรูปเรขาคณิตปฐมฐาน (จำนวนชุดระดับเจ็ด)..... 56

รูปที่ 4.10 วัดฤๅษามิตติรูปถ้วยที่ต้นฉบับ ..... 57

รูปที่ 4.11 วัดฤๅษามิตติรูปถ้วยที่แทนด้วยรูปเรขาคณิตปฐมฐาน (จำนวนชุดระดับสอง) ที่  
ยูเนียนแล้ว ..... 57

รูปที่ 4.12 วัดฤๅษามิตติรูปถ้วยที่แทนด้วยรูปเรขาคณิตปฐมฐาน (จำนวนชุดระดับเจ็ด) ที่  
ยูเนียนแล้ว ..... 58

รูปที่ 4.13 การแบ่งส่วนวัดฤๅษามิตติรูปถ้วยที่ชุดระดับสิบ..... 59

รูปที่ 4.14 วัดฤๅษามิตติรูปถ้วยที่ถูกแทนด้วยรูปเรขาคณิตปฐมฐานในชุดระดับสิบ..... 59

รูปที่ 4.15 วัดฤๅษามิตติรูปถ้วยที่ถูกแทนด้วยรูปเรขาคณิตปฐมฐานในชุดระดับห้าสิบ ..... 60

	หน้า
รูปที่ 4.16 การแบ่งส่วนวัดฤๅสามมิติรูปร่างรูปปั้นที่ซุๅระดับสิๅบ.....	61
รูปที่ 4.17 การแบ่งส่วนวัดฤๅสามมิติรูปร่างแจๅกันที่ซุๅระดับสิๅบ.....	61
รูปที่ 5.1 รูๅวัดฤๅสามมิติรูปร่างคีมที่แทนด้วยรูๅเรๅชาคณิตๅฐๅมฐๅนแบบปๅน.....	62
รูปที่ 5.2 วัดฤๅสามมิติรูๅแบบคีมตันๅบๅบ.....	63