
  
**ระเบียบวิธีวิจัย**  
**Research Methodology**  
**Essential Feature Points and Geometric Inference**  
 วิทยุโน้ แท้ประสาสทธิธิ์  
 (pinyo at su.ac.th, pinyotae at gmail dot com)  
 ภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร


  
**Topic Outline**

- อะไรคือฟิเจอร์ในคอมพิวเตอร์วิชัน
- ฟิเจอร์ยอดนิยม
- เราใช้ฟิเจอร์ทำอะไรได้บ้าง
- จุดและมุมที่เป็นลักษณะเด่น (point and corner features)
- จุดสำคัญกับการอนุมานทางเรขาคณิต

**อะไรคือฟิเจอร์ในคอมพิวเตอร์วิชัน**


- ฟิเจอร์หมายถึงลักษณะเด่น
- สำหรับคอมพิวเตอร์วิชันลักษณะเด่นอาจจะไม่ใช่สิ่งที่เด่นชัดในสายตามนุษย์
- มักช่วยให้เราสามารถดึงเอาข้อมูลที่ต้องการออกมาได้
- ฟิเจอร์ที่ดีมักไม่แปรผัน (invariant) และไม่ควรมีมากเกินไปจนจัดการไม่ไหว




**ฟิเจอร์ยอดนิยม**


- **จุดและมุมของวัตถุ (points and corners)**
- **ขอบวัตถุ (object edge or boundary)**
- **พื้นที่ส่วนหนึ่งในรูป (image patch)**

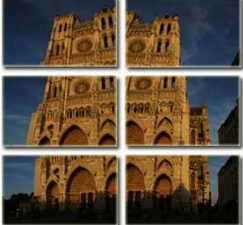
สำหรับวัตถุที่ถูกคัดแยกออกมาแล้วก็จะใช้ลักษณะเด่นดังนี้

- พื้นที่
- ขนาดและทิศทางของแกนหลัก
- สี ความสว่าง
- รูปร่าง


แต่ช่วงเข้ันเราจะไม่นับที่ลักษณะเด่นของวัตถุที่ถูกแยกออกมา

**เราใช้ฟิเจอร์ทำอะไรได้บ้าง**


- **Image stitching**




Match and combine multiple images




Obtain an image with higher resolution


Image source: <http://www.ptgui.com/>

**เราใช้ฟิเจอร์ทำอะไรได้บ้าง (2)**



- **หาขอบเขตของวัตถุ**



Input



Bad Edge



Good Edge

- ถ้าเราหาขอบวัตถุได้ดี
  - เราก็สามารถประมาณขนาด รูปร่างและตำแหน่งของวัตถุต่าง ๆ ได้ดีด้วย

Image source: Szeliski Ch4 Fig. 4.32 2010

### เราใช้พีทเจอร์ทำอะไรได้บ้าง (3)

- ค้นหาโครงสร้างของวัตถุ



- เส้นตรงเป็นโครงสร้างทั่วไปของวัตถุต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันของเรา
- การค้นหาเส้นตรงช่วยให้เราค้นพบและรู้จำวัตถุในอากาศได้
  - เช่นการค้นหาและรู้จำวัตถุที่มีสี่เหลี่ยมประกอบ

8/8/2011 Pinya Teaprasart@Sikkom University, Thailand 7

### คำถามที่พบบ่อย ๆ ในเรื่องเกี่ยวกับพีทเจอร์

- Where will the interest points come from?
  - What are salient features that we'll detect in multiple views?
- How to describe a local region?
- How to establish correspondences, i.e., compute matches?

8/8/2011 Pinya Teaprasart@Sikkom University, Thailand 8

### จุดและมุมที่เป็นลักษณะเด่น

- ก่อนอื่นมาดูกันว่าทำไมใช้แค่จุดหรือมุมแล้วมันดีกว่าการใช้พื้นที่ได้อย่างไร
- ตัวอย่าง: จงหาบริเวณที่สอดคล้องกันจากภาพทั้งสอง



8/8/2011 Pinya Teaprasart@Sikkom University, Thailand 9

### เปรียบเทียบการใช้มุม ขอบ และ พื้นที่เป็นลักษณะเด่น

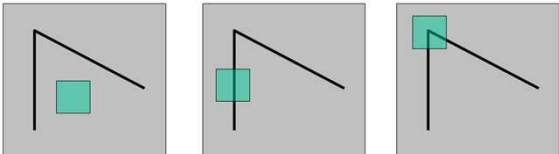
- จากตำแหน่งที่สอดคล้องกันทั้งสามแบบ
  - สังเกตได้ว่าถ้าเราเลือกรอบพื้นที่ไปในทิศทางใดก็ตาม เราก็จะไม่เห็นความแตกต่างจากเดิม
  - ในกรณีของขอบ ถ้าเราเลือกรอบไปในทิศทางเดียวกับขอบเราจะไม่เห็นความแตกต่าง



8/8/2011 Pinya Teaprasart@Sikkom University, Thailand 10

### อีกแง่มุมของการเปรียบเทียบ

- สมมติว่าเรากำลังพิจารณาหน้าต่างเล็ก ๆ ของพิกเซล
  - ถ้าเป็นพื้นที่ที่เราเลือกรอบไปแล้วสิ่งที่ปรากฏอยู่ในกรอบก็เหมือนเดิม
  - ถ้าเป็นขอบหากเราเลือกรอบไปในทิศทางเดียวกับขอบ สิ่งที่อยู่ในกรอบก็เหมือนเดิม
  - แต่ถ้าเป็นมุม จะเลื่อนไปทางไหนเราก็เห็นความแตกต่างได้ทันที
- ถ้าจะหาความสอดคล้องของตำแหน่งในภาพสองภาพ มุมจะมีความกำกวมน้อย




8/8/2011 Pinya Teaprasart@Sikkom University, Thailand 11

### ข้อดีของการใช้มุม

- เจาะจงกับพื้นที่เป็นอย่างมาก
  - การเลื่อนบริเวณที่พิจารณาไม่ว่าไปในทิศทางใดก็สังเกตเห็นความคลาดเคลื่อนได้
- จุดมุมที่เด่น ๆ มีไม่มากนักในรูป
  - ไม่เป็นอุปสรรคทางด้านเวลาคำนวณสำหรับการหาความสอดคล้องของมุมในภาพสองภาพ
- ถ้าหากเราสนใจเฉพาะการหาความสอดคล้องของตำแหน่ง การพิจารณาที่ง่ายยิ่งขึ้น
  - มุมไม่แปรผันกับการหมุนภาพ เพราะหมุนภาพอย่างไรมุมก็ยังปรากฏอยู่ที่
  - ไม่แปรผันกับการเลื่อน
  - แทบจะไม่แปรผันกับการทดขยายรูป (ถ้าไม่ทำมาจนเกินไปและใช้ SIFT ช่วย)
  - แทบจะไม่แปรผันกับการทำ affine transform และ การทำ perspective projection (ถ้าไม่ทำมาจนเกินไป)
- มุมจัดว่าเป็น invariant feature ที่ยืดหยุ่นมาก
- จุดที่เป็นลักษณะเด่นอื่น ๆ อาจจะไม่ทนต่อการแปรผันเท่ากับมุม

8/8/2011 Pinya Teaprasart@Sikkom University, Thailand 12

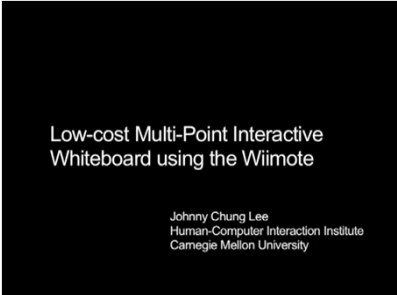
### Automatic Projector Calibration Using Embedded Light Sensors



Video source: Johny Chung Lee from <http://johnnylee.net>

8/8/2011 Photo: Tapaswanti, Sripoom University, Thailand 13

### Low-cost Multi-Point Interactive Whiteboard using the Wiimote



Low-cost Multi-Point Interactive Whiteboard using the Wiimote

Johnny Chung Lee  
Human-Computer Interaction Institute  
Carnegie Mellon University

Video source: Johny Chung Lee from <http://johnnylee.net>

8/8/2011 Photo: Tapaswanti, Sripoom University, Thailand 14

### Head Tracking for Desktop Virtual Reality Displays Using the Wii Remote



Head Tracking for Desktop Virtual Reality Displays using the Wii Remote

Johnny Chung Lee  
Human-Computer Interaction Institute  
Carnegie Mellon University

Video source: Johny Chung Lee from <http://johnnylee.net>

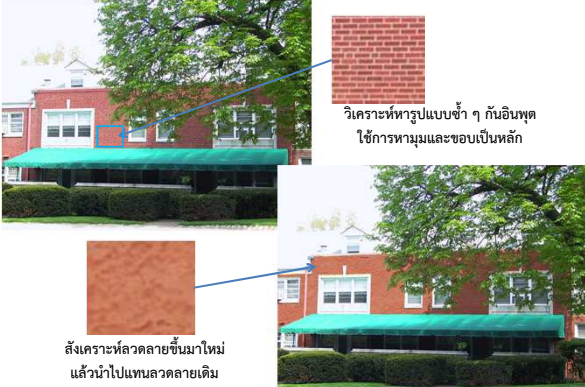
8/8/2011 Photo: Tapaswanti, Sripoom University, Thailand 15

### Texture Analysis and Synthesis

- การวิเคราะห์พหุคุณลักษณะเป็นพื้นฐานที่สำคัญ ทั้งทางด้านกราฟิกและคอมพิวเตอร์วิชั่น
- ถ้าเราเข้าใจโครงสร้างก็จะสามารถสังเคราะห์พหุคุณลักษณะที่มีลักษณะตามต้องการได้
  - สังเคราะห์พื้นผิวขนาดใหญ่จากตัวอย่างพื้นผิวเล็ก ๆ
  - ทดลองเปลี่ยนลวดลายเฟอร์นิเจอร์
  - ทดลองเปลี่ยนลวดลายเสื้อผ้าได้ตามต้องการ
  - ทดลองเปลี่ยนพื้นผิวของสิ่งต่าง ๆ
- การค้นพบจุดมุมหรือจุดสำคัญอื่น ๆ เป็นชุดจะช่วยให้เราทำการอนุมานเกี่ยวกับรูปแบบทางเรขาคณิตได้

8/8/2011 Photo: Tapaswanti, Sripoom University, Thailand 16

### ตัวอย่างการสังเคราะห์และทดแทนพื้นผิว



วิเคราะห์หารูปแบบซ้ำ ๆ กันในพื้นที่ ใช้การหามุมและขอบเป็นหลัก

สังเคราะห์ลวดลายขึ้นมาใหม่ แล้วนำไปแทนลวดลายเดิม

Image: Yanxi Liu and Wen-Chieh Lin

8/8/2011 Photo: Tapaswanti, Sripoom University, Thailand 17

### ปัญหาในการวิเคราะห์หารูปแบบ

- เนื่องจากโครงสร้างที่พบในภาพมักจะไม่สม่ำเสมอ แต่เกือบสม่ำเสมอ
  - มักไม่มีรูปแบบที่ซ้ำกันโดยสิ้นเชิงในธรรมชาติ
  - มุมกล้องทำให้เกิดภาพมุมตบ หรือ เลนส์ทำให้ภาพเพี้ยน
  - การจัดวางของวัตถุไม่อยู่ในระนาบ
  - พื้นผิวมีตำหนิ



Skeletal Muscle

Image: Yanxi Liu et al.

8/8/2011 Photo: Tapaswanti, Sripoom University, Thailand 18

### ระดับของความสม่ำเสมอของรูปแบบ

Scope of texture spectrum in database

regular    near-regular    irregular    near-stochastic    stochastic

Image: Yanxi Liu et al.

### วิธีที่ (ค่อนข้างจะ) ได้ผล

- ปัญหาการหารูปแบบเป็นปัญหาที่ยากมาก ปัจจุบันยังไม่มีวิธีที่ได้ผลจะจัด
- แต่วิธีที่ถือว่าดีมากวิธีหนึ่งคือการใช้ Deformed Lattice Detection
  - พยายามตรวจหาโครงสร้าง Lattice
  - คาคตาและตัดแปลงโครงสร้างแลตทิซ
  - หารูปแบบที่ใกล้เคียงกับสมมติฐาน ถ้ามีสิ่งตรงกันมากก็พอจะสรุปได้ว่าเจอรูปแบบซ้ำในภาพ
- เท่าที่เคยลองใช้ ไม่ใช่วิธีที่เป็น Scale Invariant การหาค่าของรูปทำให้ค่าตอบเปลี่ยนไปมาก

Image: Yanxi Liu et al.

### ดูตัวอย่างการวิเคราะห์

Video: Yanxi Liu et al. from [http://vision.cse.psu.edu/research/deformedlattice/Deformed\\_Lattice\\_Detection.html](http://vision.cse.psu.edu/research/deformedlattice/Deformed_Lattice_Detection.html)

### วิธีที่ทำได้ง่าย

- ถ้ารู้อยู่แล้วว่าจะมี Pattern แบบไหนในภาพก็เก็บตัวอย่าง Pattern นั้นไว้
  - เก็บในมุมตรงให้มากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ หลีกเลี่ยงการเกิดภาพมุมตบ
- จากนั้นก็ตามหา Pattern ดังกล่าว
  - ดูเหมือนเป็นวิธีที่โง่งแต่เพียงเท่านี้ก็มีวิธีประยุกต์ใช้ที่ยอดเยียน่าประทับใจมาก

### ตัวอย่างการสังเคราะห์และทดแทนพื้นผิว

ตอนเก็บตัวอย่างเป็น 'ภาพถ่ายหน้าตรง' แต่ตอนตามหาเป็นภาพมุมตบก็ได้

ทดสอบการแต่งบ้านด้วยการวิเคราะห์และทดแทนลวดลาย

Image: Yanxi Liu et al.

### แล้วเราสังเคราะห์พื้นผิวมาได้อย่างไร

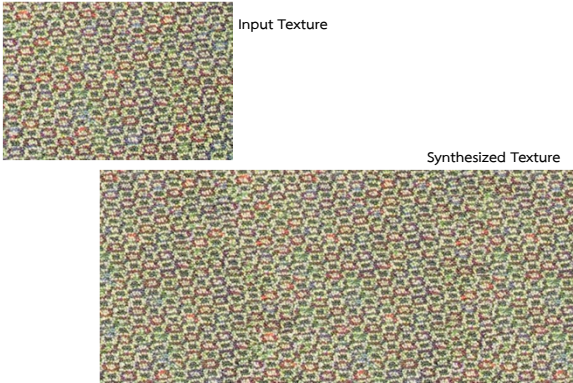
- ถ้ารู้รูปแบบการวนซ้ำเราก็สามารถทำได้
- แต่ควรใส่ความผิดพลาดลงไปเล็กน้อยเพื่อให้ดูเป็นธรรมชาติ

แบบซ้ำโดยสมบูรณ์

แบบสุ่มเลือกการซ้ำ

Image: Yanxi Liu et al.

### ตัวอย่างการสังเคราะห์พื้นผิวเพิ่มเติม



Input Texture

Synthesized Texture

Image: Yanxi Liu et al.

25

### อินพุตมีตำหนิก็ยังพอได้

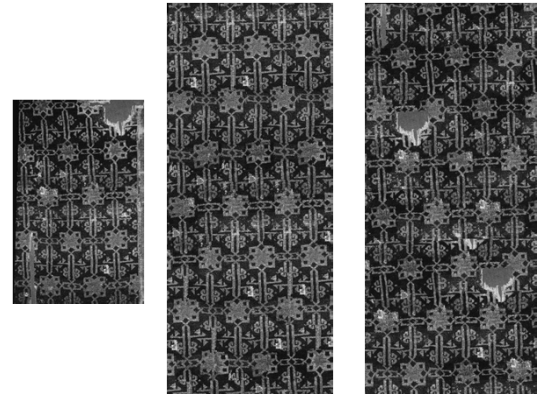
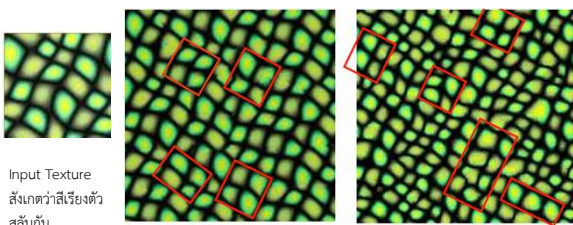


Image: Yanxi Liu et al.

26

### แต่บางทีชีวิตมันก็ไม่ง่าย

- แค่ว่ารูปแบบจากอินพุตเล็ก ๆ ก็ไม่ได้ เพราะมันไม่เป็นสี่เหลี่ยมเสียทีเดียว
- และการวนซ้ำมันอาจจะลึกกว่าที่คิด (มีเรื่องของการสลับลำดับสีเกี่ยวข้อง)



Input Texture

สังเกตว่าสี่เหลี่ยมตัว สลับกัน

ซ้ำกันตามแนวแทยง

Efos & Freeman SIGGRAPH'01

Wei & Levoy SIGGRAPH'00

Efos and Freeman ทำซ้ำรูปร่างได้ดี แต่พลาดเรื่องสีไป

Slide credit: Yanxi Liu

27

### การประยุกต์ใช้อื่น ๆ

- ทดสอบการเปลี่ยนลายผ้า



Image: Yanxi Liu et al.

28

### ทดสอบการวิเคราะห์และสังเคราะห์พื้นผิวกับวิดีโอ



Video: <http://vivid.cse.psu.edu/texturedt/gallery/>

29


### ผลการวิเคราะห์และสังเคราะห์



Video: Yanxi Liu et al. from [http://vision.cse.psu.edu/research/deformedLattice/Deformed\\_Lattice\\_Detection.html](http://vision.cse.psu.edu/research/deformedLattice/Deformed_Lattice_Detection.html)

30

### ผลงานในยุคถัดมาของนักวิจัยกลุ่มอื่น



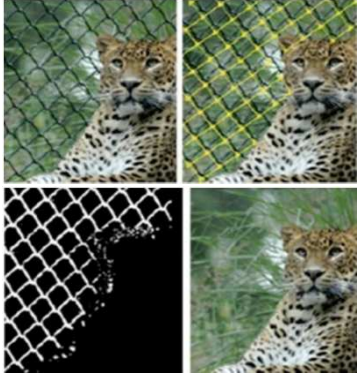
Video: <http://www.youtube.com/watch?v=LJITGhmY-5g>

8/8/2011 31

### Image Defencing and Inpainting

ถ้าเรากันหารูปแบบได้อย่างแม่นยำ สามารถหาตำแหน่งรั้วได้

เอารั้วออกแล้วเปลี่ยนเป็นพื้นหลัง




8/8/2011 32

### ปัญหาในการเอาสิ่งกีดขวางออก


- เราต้องคิดให้ได้ว่าจะเอาค่าอะไรไปแทนดี
  - ถ้าเป็นภาพนิ่งเราไม่มีข้อมูลแน่ ๆ ต้องเดาโดยใช้อข้อมูลจากพื้นที่ใกล้เคียง
  - แต่ถ้าเป็นวิดีโอเราเอาผลจากเฟรมอื่นมาใส่เข้าไปได้
  - รูปแบบวนซ้ำของรั้ว/แลตทิซสามารถนำมาใช้เป็นจุดอ้างอิงในการเชื่อมค่าระหว่างเฟรมได้
- วิธีทำ
  - ใช้การตรวจหาโครงสร้างแลตทิซอัตโนมัติ (Deformed Lattice Discovery via Ecient Mean-Shift Belief Propagation, Minwoo Park *et al.*, 2008)
  - เอารั้วออก ระบุไว้ว่าเป็นพื้นที่ที่ไม่มีข้อมูล
  - วิเคราะห์เฟรมใกล้เคียง ตามหาพื้นที่ที่เกี่ยวข้อง (วิธีจับข้อพอมสมควร)
  - ดึงข้อมูลจากพื้นที่ที่เกี่ยวข้องมาปะใส่พื้นที่ที่ไม่มีข้อมูล
- รายการอ้างอิง
  - Minwoo Park, Kyle Broekheurst, Robert T. Collins, and Yanxi Liu, *Image De-fencing Revisited*, ACCV 2010

8/8/2011 33

### ผลลัพธ์



(a) Input (b) Automatic Segmentation



(c) Single-View Inpainting (d) Multi-View Inpainting

8/8/2011 34

### ผลลัพธ์เพิ่มเติม



8/8/2011 35

### สรุป

- มุม (corner) เป็นพีทเจอร์ที่สำคัญเพราะตรวจค้นได้ง่าย เปรียบเทียบหาความสอดคล้องเชิงตำแหน่งได้อย่างมีประสิทธิภาพเพราะมีปริมาณไม่มากนัก และมีจุดอยู่ที่จุดสำคัญของวัตถุ
- การค้นพบจุดสำคัญของวัตถุเป้าหมายทำให้เราสามารถผนวกสมมติฐานของวัตถุกับตำแหน่งที่ตรวจพบเพื่อทำกรอนุมานทางเรขาคณิตได้อย่างแม่นยำ
  - นำไปสู่การใช้งานที่หลากหลายทั้งด้านการศึกษาและด้านกราฟิก
- หากวัตถุเป้าหมายมีพื้นผิวหรือจุดสำคัญที่เป็นรูปแบบที่แน่นอน
  - การรู้จุดสำคัญเป็นชุดทำให้เรสกัดเอาการบิดรูปของพื้นผิวมาใช้แทนได้
  - เราใช้จุดสำคัญที่พบเป็นตำแหน่งอ้างอิงเพื่อรวมข้อมูลจากภาพวิดีโอหลาย ๆ เฟรมมารวมกันได้

8/8/2011 36