

โครงร่างโครงการทางวิศวกรรม
(Senior Project Proposal)

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
1 กันยายน 2553

ชื่อหัวข้อโครงการ (ภาษาไทย) ระบบรู้จำสถานที่ภายในอาคารบนโทรศัพท์มือถือ
ชื่อหัวข้อโครงการ (ภาษาอังกฤษ) Indoor Place Recognition System on Mobile Phone

โดย

นายนครา กิตติศิริกุล รหัสประจำตัว 5031039021 ลายมือชื่อ

นายธนุส เกิดลาภ รหัสประจำตัว 5031035521 ลายมือชื่อ

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

อ.ดร.นัทธี นิภานันท์ ลายมือชื่อ

ผศ.ดร.อรรณวิทย์ สุกแสง ลายมือชื่อ

ชื่อหัวข้อโครงการ

(ภาษาไทย) ระบบรู้จำสถานที่ภายในอาคารบนโทรศัพท์มือถือ

(ภาษาอังกฤษ) Indoor Place Recognition System on Mobile Phone

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การใช้โทรศัพท์มือถือทั่วโลกในปัจจุบัน รวมถึงประเทศไทย มีแนวโน้มการใช้งานสูงขึ้นเรื่อยๆ ตลอดทุกปี โดยในปีพ.ศ. 2552 ที่ผ่านมามีประเทศไทยมีสถิติการใช้งานโทรศัพท์มือถือสูงถึง 56,170,908 เครื่อง จากจำนวนประชากรทั้งหมด 65,001,021 คน คิดเป็นร้อยละ 81 ของจำนวนประชากรทั้งหมด และถือว่าเป็นอันดับที่ 8 ของเอเชีย [1], [2], [3]

ผู้ใช้งานโทรศัพท์มือถือส่วนใหญ่ มักใช้บริการหรือความสามารถพิเศษต่างๆ ของโทรศัพท์มือถือมากกว่าการใช้งานโทรศัพท์เข้า - ออก เพียงอย่างเดียว อาทิ การใช้งานบริการข้อความสั้น (SMS - Short Message Service), การใช้งานกล้องถ่ายภาพหรือวิดีโอ, การใช้งานผ่านแอปพลิเคชันเสริม ตลอดจนการใช้งานอินเทอร์เน็ตผ่านโทรศัพท์มือถือ (Mobile Internet) ซึ่งในปีพ.ศ. 2552 มีผู้ใช้งานอินเทอร์เน็ตผ่านโทรศัพท์มือถือในประเทศไทยประมาณ 12 ล้านคน เพิ่มขึ้นจากปีพ.ศ. 2551 ที่มีจำนวนผู้ใช้งานประมาณ 3 ล้านคน คิดเป็นอัตราเพิ่มขึ้นถึง 400% [4]

การใช้งานโทรศัพท์มือถือจึงเริ่มกลายเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญในชีวิตประจำวันของหลายๆ คน ทั้งในด้านการใช้งานที่จำเป็นต่อชีวิตประจำวัน, การติดต่อสื่อสาร ตลอดจนการอำนวยความสะดวกสบายให้กับผู้ใช้ในหลายๆ ประการ [5], [6], [7]

โครงการ “ระบบรู้จำสถานที่ภายในอาคารบนโทรศัพท์มือถือ” ได้ถูกออกแบบขึ้นมาภายใต้ปัจจัยที่น่าสนใจเกี่ยวกับการใช้งานโทรศัพท์มือถือ และการใช้งานอินเทอร์เน็ตผ่านโทรศัพท์มือถือตามที่ได้กล่าวมาแล้ว สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการใช้ชีวิตประจำวัน เพื่อให้มีความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น โดยจะมีการใช้งานกล้องถ่ายภาพของโทรศัพท์มือถือ และระบบอินเทอร์เน็ตผ่านโทรศัพท์มือถือ เพื่อนำมาวิเคราะห์ประมวลผลภาพ และแสดงรายละเอียดหรือข้อมูลที่น่าสนใจเกี่ยวกับสถานที่ภายในภาพถ่ายดังกล่าว ตลอดจนระบุตำแหน่งของผู้ใช้ให้ผู้ใช้ได้ทราบ ภายใต้เงื่อนไขที่ระบบได้เรียนรู้ความรู้ต่างๆ เหล่านั้นไว้แล้ว

ในปัจจุบัน โทรศัพท์มือถือสามารถทราบตำแหน่งของผู้ใช้ได้จากระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (GPS - Global Positioning System) อยู่แล้ว แต่การใช้งาน GPS นั้น จำเป็นต้องใช้งานในบริเวณนอกอาคาร และไม่มีสิ่งกีดขวางมาบังในระหว่างทิศทางของเครื่องผู้ใช้กับดาวเทียม ดังนั้นการที่ผู้ใช้จะทราบตำแหน่งของตนเองภายในอาคารต่างๆ นั้น จึงไม่สามารถทำได้ด้วยระบบ GPS อันถือเป็นข้อจำกัดและปัญหาที่พบในปัจจุบัน โครงการนี้จึงออกแบบมาเพื่อชดเชยความสามารถในการระบุตำแหน่งของผู้ใช้ภายในอาคาร ตลอดจนแสดงรายละเอียด

ข้อมูลที่น่าสนใจของสถานที่ที่ถ่ายภาพได้ โดยอาศัยหลักการประมวลผลภาพ (Image Processing) เพื่อให้สามารถรู้จำสถานที่ได้ (Place Recognition) และระบุตำแหน่งของผู้ใช้ตามความรู้ที่ระบบได้เรียนรู้เอาไว้แล้ว

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

Scale Invariant Feature Transform (SIFT)

เป็นวิธีการหาลักษณะเด่นของวัตถุในภาพซึ่งไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงของขนาดและมุมมองของภาพ เพื่อนำมาใช้ในการรู้จำวัตถุต่างๆ ประกอบไปด้วยหัวข้อสำคัญดังต่อไปนี้

1. การหาปริภูมิในมิติขนาดและระยะทาง (Scale Space)

ในการหาลักษณะเด่นของภาพนั้นจะไม่ขึ้นกับขนาดและมุมมอง ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องหาลักษณะเด่นซึ่งยังคงแสดงได้ภายใต้เงื่อนไขของขนาดซึ่ง บางส่วนของรายละเอียดอาจจะหายไป โดยในการหาปริภูมิในมิติขนาดและระยะทางนั้น จะทำด้วยโดยการเบลอ (Blur) ภาพด้วยฟังก์ชันเกาส์เซียน (Gaussian) ซึ่งอธิบายได้โดยสมการ

$$L(x, y, \sigma) = G(x, y, \sigma) * I(x, y)$$

โดยที่:

- L คือภาพที่เบลอแล้ว
- G คือค่าควบคุมการเบลอแบบเกาส์เซียน
- I คือ ภาพต้นฉบับ
- x,y คือ พิกัดบนภาพ
- σ คือ พารามิเตอร์ของขนาด ซึ่งบ่งบอกถึงปริมาณการเบลอซึ่งจะทำต่อภาพต้นฉบับ

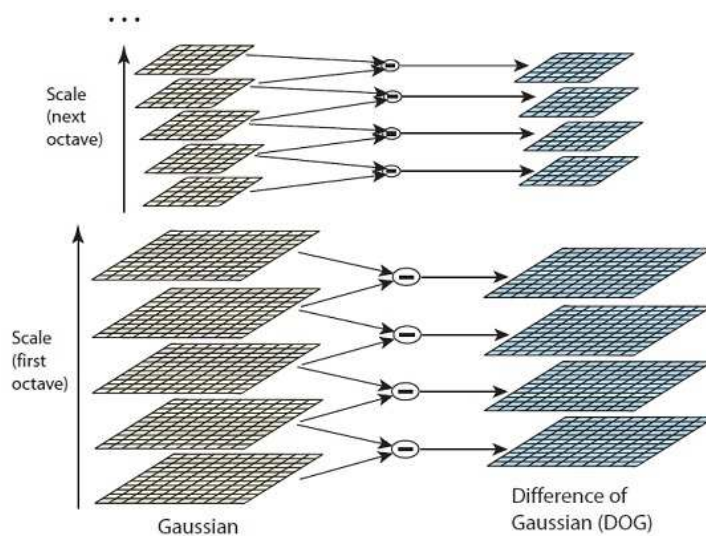


รูปที่ 1.1 - แสดงการลดลงของรายละเอียดหลังจากการเบลอด้วยเกาส์เซียน

2. การกำหนดตำแหน่งจุดสนใจ (Keypoints)

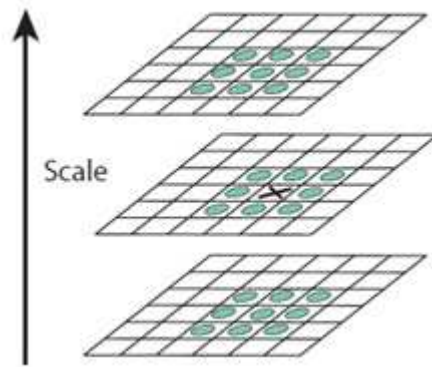
จากการหาปริภูมิในมิติขนาดและระยะทางแล้ว เราจะนำผลลัพธ์ที่ได้มาหา Difference-of-Gaussian (DoG) หรือ ความต่างของแต่ละผลลัพธ์ที่ได้จากการเบลอ เพื่อลดโอกาสในการเกิดของจุดสนใจที่อาจจะไม่ชัดเจนหลังจากการเปลี่ยนแปลงของขนาดลง

$$D(x, y, \sigma) = L(x, y, k\sigma) - L(x, y, \sigma)$$

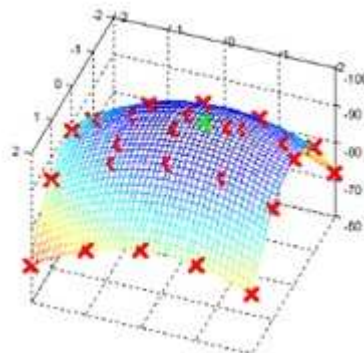


รูปที่ 2.1 - แสดงการทำ Difference of Gaussian (DoG)

พิจารณาค่าสูงสุด - ต่ำสุดในภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการทำ DoG โดยพิจารณาจุดโดยรอบทั้งหมด 26 จุด รอบจุดนั้นๆ คือ 8 จุดที่ใกล้ชิดกับจุดที่พิจารณา และ 9 จุดบนสองชั้นที่ติดกับชั้นที่พิจารณา ดังแสดงในรูป 2.2 เพื่อใช้จุดสูงสุด - ต่ำสุดเหล่านั้นเป็นจุดสนใจ (Keypoints)



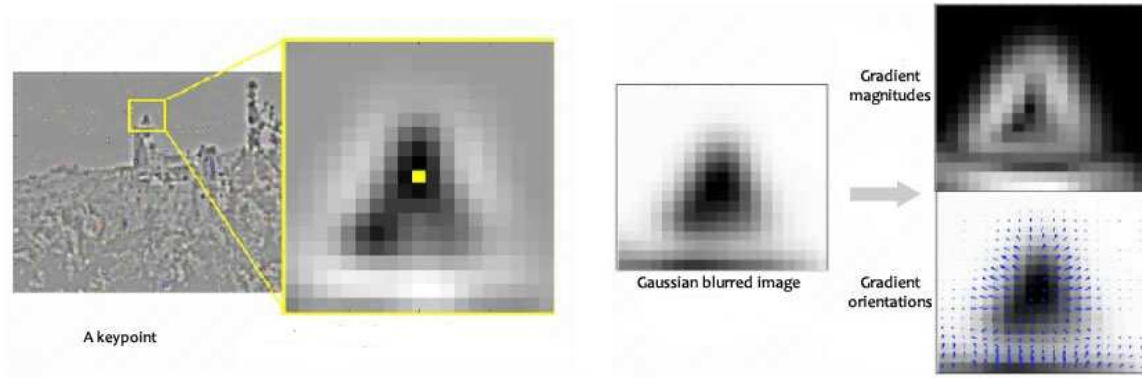
รูปที่ 2.2 แสดงจุดที่ใช้เปรียบเทียบกับจุดอ้างอิงเพื่อหาจุดสูงสุดและต่ำสุด



รูปที่ 2.3 แบบจำลองแสดงจุดสูงสุดซึ่งได้จากการเปรียบเทียบ

3. การกำหนดทิศทางของจุดสนใจ

เมื่อได้จุดสนใจจากขั้นตอนที่ 2 แล้ว จะทำการคำนวณเพื่อหาขนาด $m(x, y)$ และ ทิศทาง $\theta(x, y)$ ของจุดสนใจเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการสร้างรายละเอียดของลักษณะเด่นของภาพ (Features)



รูปที่ 3.1 ภาพแสดงการหาขนาดและทิศทางของจุดสนใจ

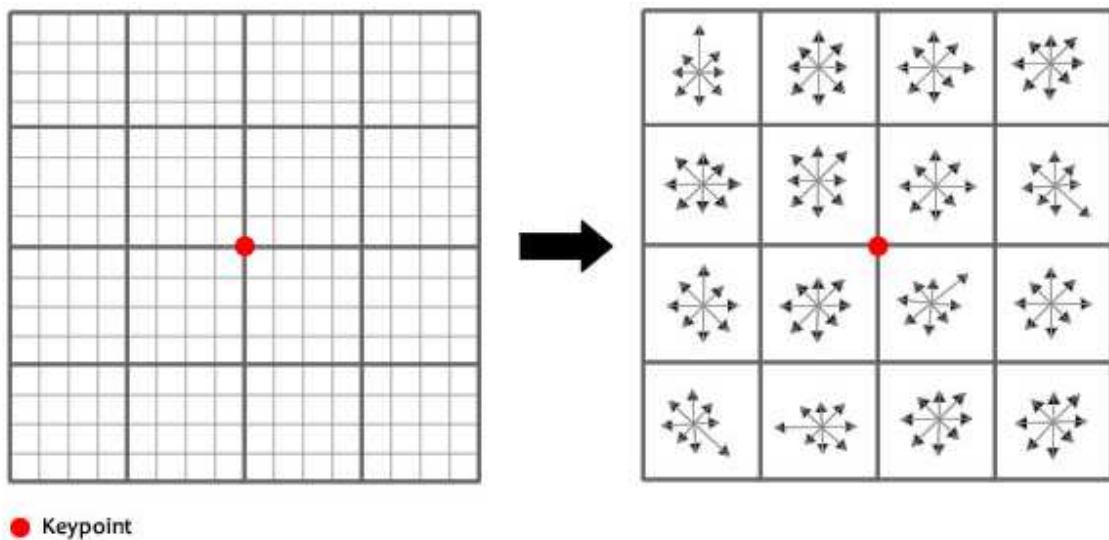
การคำนวณดังกล่าวสามารถคำนวณได้ด้วยสมการ

$$m(x, y) = \sqrt{(L(x + 1, y) - L(x - 1, y))^2 + (L(x, y + 1) - L(x, y - 1))^2}$$

$$\theta(x, y) = \tan^{-1}((L(x, y + 1) - L(x, y - 1)) / (L(x + 1, y) - L(x - 1, y)))$$

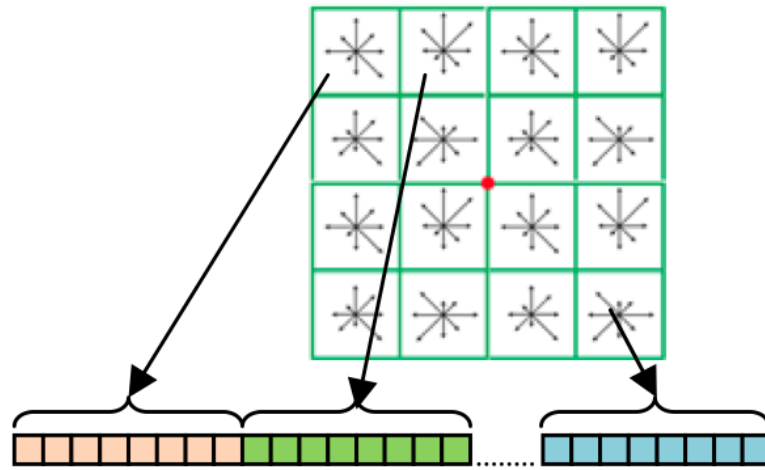
4. การให้รายละเอียดของลักษณะเด่นของภาพ (Features)

จากข้อมูลเกรเดียนต์ (Gradient) ที่ได้จากการทำการกำหนดทิศทางของจุดสนใจในขั้นตอนที่ 3 เราจะสามารถกำหนดรายละเอียดของลักษณะเด่นของภาพได้ โดยการกำหนดกริดขนาด 4 x 4 ขึ้นมา



รูปที่ 4.1 - แสดงการแบ่งกริดของพื้นที่ย่อยและทิศทาง

นำขนาดและทิศทางในแต่ละช่องของกริดมาจัดแบ่งออกเป็น 8 กลุ่ม เพื่อคำนวณหาแท่งความถี่ (Histograms) ของแต่ละพื้นที่ย่อยแล้วนำมาเรียงต่อกัน จะได้รายละเอียดของลักษณะเด่นของภาพขนาด 4 x 4 x 8 = 128 ข้อมูล ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการเปรียบเทียบได้ต่อไป



รูปที่ 4.2 - แสดงการจัดเรียงแท่งความถี่เพื่อสร้างรายละเอียดจุดสนใจ



รูปที่ 4.3 - แสดงการเปรียบเทียบด้วยลักษณะเด่นของภาพโดย SIFT

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างเครื่องมือช่วยผู้ใช้ให้สามารถทราบข้อมูลที่น่าสนใจของสถานที่จากการถ่ายภาพนิ่งได้
2. เพื่อสร้างเครื่องมือช่วยผู้ใช้ให้สามารถทราบตำแหน่งของตนภายในอาคารได้
3. เพื่อสร้างระบบที่สามารถรู้จำสถานที่เพิ่มเติมได้
4. เพื่อศึกษาเทคนิคของการรู้จำวัตถุ (Object Recognition) ผ่านกระบวนการประมวลผลภาพ (Image Processing)

ขอบเขตของโครงการ

1. ระบบจะต้องสามารถวิเคราะห์ ประมวลผลภาพถ่าย และระบุได้ว่าสถานที่ในภาพเป็นสถานที่ใด
2. ระบบจะต้องสามารถวิเคราะห์ ประมวลผลภาพถ่าย และแสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานที่ดังกล่าวได้
3. ระบบจำเป็นต้องมีชุดข้อมูลตัวอย่าง (Sample Image) สำหรับสถานที่ที่ก่อน จึงจะสามารถระบุสถานที่ดังกล่าวจากภาพถ่ายจากผู้ใช้ได้
4. ระบบจะต้องสามารถวิเคราะห์ ประมวลผลภาพถ่าย และระบุตำแหน่งภายในอาคารที่ผู้ใช้ถ่ายภาพได้
5. ระบบจะต้องสามารถรู้จำสถานที่เพิ่มเติมได้
6. ระบบจำเป็นต้องใช้เครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่าน โทรศัพท์มือถือในแอปพลิเคชันฝั่งผู้ใช้
7. ระบบจำเป็นต้องใช้เครื่องแม่ข่ายที่สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้ตลอดเวลา



รูปที่ 5.1 – แสดงการส่งผ่านข้อมูลระหว่าง โทรศัพท์มือถือกับเครื่องแม่ข่าย

แนวคิดในการพัฒนาโครงการ

โปรแกรมที่พัฒนาจะแบ่งออกเป็นสองส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนผู้ใช้ (User) ซึ่งจะใช้งานผ่านแอปพลิเคชันบนเครื่องโทรศัพท์มือถือ และส่วนประมวลผลบนเครื่องแม่ข่าย (Server)

ส่วนผู้ใช้งานจะรับข้อมูลนำเข้าในลักษณะของภาพถ่ายจากกล้องถ่ายภาพ จากนั้นจะส่งข้อมูลภาพถ่ายดังกล่าวผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อไปประมวลผลบนเครื่องแม่ข่าย เมื่อเครื่องแม่ข่ายประมวลผลภาพเรียบร้อยแล้ว จะส่งข้อมูลกลับมายังแอปพลิเคชันส่วนผู้ใช้ และแอปพลิเคชันฝั่งผู้ใช้งานจะนำข้อมูลที่ได้รับมาจัดการเพื่อแสดงผลให้ผู้ใช้ต่อไป

ส่วนประมวลผลบนเครื่องแม่ข่ายจะรับข้อมูลนำเข้าสองลักษณะ ได้แก่ ข้อมูลนำเข้าที่เป็นภาพถ่ายที่ส่งจากโทรศัพท์มือถือผ่านทางอินเทอร์เน็ตมายังเครื่องแม่ข่าย เพื่อนำมาประมวลผลภาพ และข้อมูลนำเข้าที่เป็นข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ต่างๆ อาทิ ชื่อสถานที่ รายละเอียดของสถานที่ ตลอดจนตำแหน่งของสถานที่ภายในอาคาร เพื่อนำมาวิเคราะห์ร่วมกันกับภาพถ่ายที่ได้รับ และส่งข้อมูลผลลัพธ์ไปยังแอปพลิเคชันส่วนผู้ใช้

ความต้องการเชิงหน้าที่

ส่วนผู้ใช้งานจากเครื่องโทรศัพท์มือถือ

1. ผู้ใช้สามารถถ่ายภาพจากกล้องโทรศัพท์มือถือได้
2. ผู้ใช้สามารถส่งภาพถ่ายจากกล้องโทรศัพท์มือถือไปยังเครื่องแม่ข่ายผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
3. ผู้ใช้สามารถทราบรายละเอียดของสถานที่ที่ถ่ายภาพได้
4. ผู้ใช้สามารถทราบตำแหน่งภายในอาคารของตนเองจากสถานที่ที่ถ่ายภาพได้

ส่วนประมวลผลบนเครื่องแม่ข่าย

1. เครื่องแม่ข่ายสามารถรับภาพถ่ายที่ส่งมาจากโทรศัพท์มือถือผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้
2. เครื่องแม่ข่ายสามารถประมวลผลภาพถ่ายที่ได้รับและทำการรู้จำวัตถุเพื่อระบุสถานที่ในภาพถ่ายได้
3. เครื่องแม่ข่ายสามารถส่งข้อมูลรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับสถานที่กลับไปยังโทรศัพท์มือถือได้
4. เครื่องแม่ข่ายสามารถจัดเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานที่เพิ่มเติมได้
5. เครื่องแม่ข่ายสามารถรู้จำสถานที่เพิ่มเติมจากภาพถ่ายได้

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. กำหนดวัตถุประสงค์ ขอบเขต เป้าหมาย และความต้องการเชิงหน้าที่ของโครงการ รวมถึงภาษาที่ใช้และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาค้นคว้างานหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบ
 - 2.1 การพัฒนาแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ และการควบคุมกล้องโทรศัพท์มือถือ
 - 2.2 การรับ - ส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตบนโทรศัพท์มือถือกับเครื่องแม่ข่าย
 - 2.3 การหาลักษณะเด่นของวัตถุในภาพ (SIFT - Scale Invariant Feature Transform)
 - 2.4 การหาปริภูมิในมิติขนาดและระยะทาง (Scale Space)
 - 2.5 การกำหนดตำแหน่งจุดสนใจ (Keypoints)
 - 2.6 การกำหนดทิศทางของจุดสนใจ
 - 2.7 การสร้างลักษณะเด่นของภาพ (Features)
3. ทดสอบการใช้งานทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจากการศึกษาในข้อ 2 และนำมาปรับปรุงเพื่อพิจารณาความเป็นไปได้
4. ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อทำการปรับปรุงและกำหนดรายละเอียดของโครงการให้ชัดเจนยิ่งขึ้น
5. พัฒนาระบบประมวลผลภาพบนเครื่องแม่ข่าย
 - 5.1 การหาลักษณะเด่นของวัตถุในภาพ (SIFT - Scale Invariant Feature Transform)
 - 5.1.1 การหาปริภูมิในมิติขนาดและระยะทาง (Scale Space)
 - 5.1.2 การกำหนดตำแหน่งจุดสนใจ (Keypoints)
 - 5.1.3 การกำหนดทิศทางของจุดสนใจ
 - 5.1.4 การสร้างลักษณะเด่นของภาพ (Features)
6. พัฒนาแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือฝั่งผู้ใช้
 - 6.1 แอปพลิเคชันที่สามารถควบคุมการใช้งานพื้นฐานของกล้องโทรศัพท์มือถือ
 - 6.2 แอปพลิเคชันที่สามารถรับ - ส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตบนโทรศัพท์มือถือ
 - 6.3 แอปพลิเคชันที่สามารถแสดงผลข้อมูลที่ได้ไปยังหน้าจอบนโทรศัพท์มือถือ
7. พัฒนาระบบเชื่อมต่อระหว่างฝั่งผู้ใช้และเครื่องแม่ข่าย
8. นำระบบที่พัฒนาจากข้อ 5 - 7 มาใช้งานร่วมกัน มีการจัดลำดับขั้นตอนการทำงานให้ถูกต้องและเหมาะสม
9. ทดสอบการทำงานของระบบตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ตรวจสอบความถูกต้อง ความครบถ้วน ความเข้ากันได้ และปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาดของระบบ
10. นำระบบไปใช้งานจริง

ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ

| Activity | 2010 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 |
|--|------|----|--------|----|----|----|-----------|----|----|----|---------|----|----|----|----------|----|----|----|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| | July | | August | | | | September | | | | October | | | | November | | | | December | | | | | | | | | |
| | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | |
| ช่วงเตรียมงาน | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| กำหนดวัตถุประสงค์ ขอบเขต เป้าหมาย | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ศึกษาค้นคว้างานหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ทดสอบการใช้งานทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อทำการปรับปรุง | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ช่วงพัฒนาระบบบนเครื่องแม่ข่าย | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| พัฒนาฟังก์ชันการหาปริภูมิในมิติขนาดและระยะทาง | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| พัฒนาฟังก์ชันการกำหนดตำแหน่งจุดสนใจ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| พัฒนาฟังก์ชันการกำหนดทิศทางของจุดสนใจ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| พัฒนาฟังก์ชันการสร้างลักษณะเด่นของภาพ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| พัฒนาฟังก์ชันรวมการหลักขนะเด่นของวัตถุในภาพ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ช่วงพัฒนาแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| กำหนดมาตรฐานและประเภทของข้อมูลนำเข้า - ออก | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| พัฒนาฟังก์ชันการควบคุมการใช้งานพื้นฐานของกล้อง | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| พัฒนาฟังก์ชันการส่งข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| พัฒนาฟังก์ชันการแสดงผลข้อมูลผ่านทางจอ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ช่วงพัฒนาระบบโดยรวม | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| พัฒนาระบบเชื่อมต่อระหว่างฝั่งผู้ใช้และเครื่องแม่ข่าย | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| นำระบบที่พัฒนาทั้งหมดมาใช้งานร่วมกัน | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ช่วงหลังการพัฒนา | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ทดสอบการทำงานของระบบ และแก้ไขข้อผิดพลาด | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือที่สามารถถ่ายภาพสถานที่และแสดงข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่นั้นๆ ได้
2. ได้แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือที่สามารถถ่ายภาพสถานที่และระบุตำแหน่งภายในอาคารของผู้ใช้ได้
3. ได้แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือที่สามารถอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้ในชีวิตประจำวัน

รายการอ้างอิง

- [1] Wikipedia. List of countries by number of mobile phones in use. [Online] Available from: http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_number_of_mobile_phones_in_use. [Aug 19, 2010]
- [2] Cellular News. Indonesia Overtakes Japan to Take Third Place in Asia Subscriber Rankings. [Online] Available from: <http://www.cellular-news.com/story/37104.php?s=h>. [Aug 20, 2010]
- [3] CNET Reviews. Cell phone subscriptions to hit 5 billion globally. [Online] Available from: http://reviews.cnet.com/8301-13970_7-10454065-78.html. [Aug 20, 2010]
- [4] Asian Correspondent. 12 Million Mobile Internet Users In Thailand Says AIS. [Online] Available from: <http://asiancorrespondent.com/jon-russell/2010/01/20/12-million-mobile-internet-users-in-thailand-says-ais>. [Aug 22, 2010]
- [5] Ezine Articles. Impact of Mobile Phones in Daily Life. [Online] Available from: <http://ezinearticles.com/?Impact-of-Mobile-Phones-in-Daily-Life&id=604398>. [Aug 22, 2010]
- [6] Ezine Articles. How Much Does Your Cell Phone Help You In Your Daily Life. [Online] Available from: <http://ezinearticles.com/?How-Much-Does-Your-Cell-Phone-Help-You-In-Your-Daily-Life&id=349201>. [Aug 22, 2010]
- [7] People's Daily Online. Intelligent cell phones help foreigners overcome language barrier in Beijing. [Online] Available from: http://english.peopledaily.com.cn/200607/24/eng20060724_286075.html. [Aug 23, 2010]
- [8] AI Shack. SIFT: Scale Invariant Feature Transform. [Online] Available from: <http://www.aishack.in/2010/05/sift-scale-invariant-feature-transform>. [Aug 28, 2010]
- [9] The University of Edinburgh School of Informatics. SIFT Image Features. [Online] Available from: http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/CVonline/LOCAL_COPIES/AV0405/MURRAY/SIFT.html. [Aug 28, 2010]
- [10] วิฑูลย์ ดอนพรทั่น, สิริภัทร เชี่ยวชาญวัฒนา, และคำรณ สุนันต์. การหาจุดสนใจของภาพด้วย DoP-RPPRBF เพื่อหาลักษณะเด่นของภาพแบบ SIFT บนอุปกรณ์ที่มีความสามารถในการประมวลผลแบบจำกัด. 2010.