การตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนที่แบบทนทานต่อสัญญาณรบกวน ในระบบตรวจการจราจร

(A noise-robust foreground detection technique for traffic monitoring system)

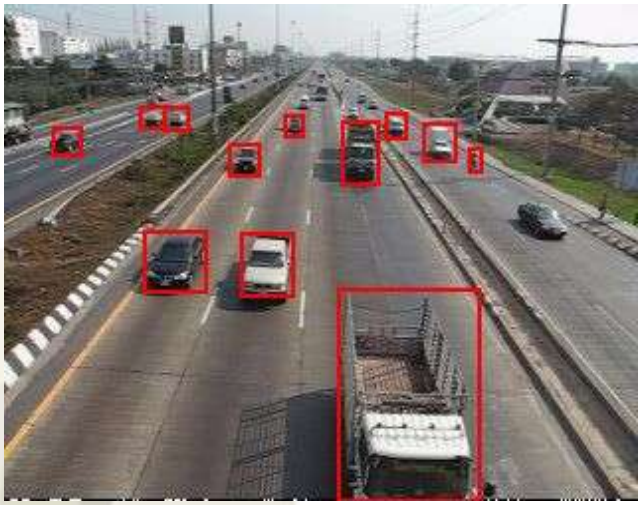
กรรณทิพย์ กิรติรัตนพฤกษ์, เปรมนาถ ดูเบ, ศุภกร สิทธิไชย

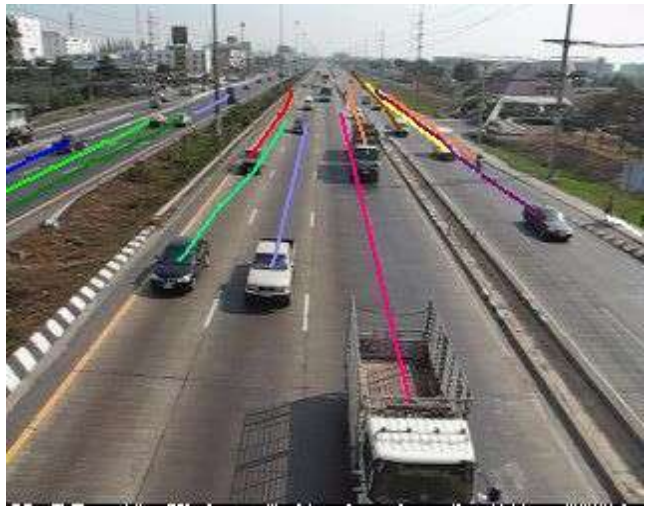
NAC2005 วันอังคาร 29 มีนาคม 2548

Outline

- Introduction
- Basic Background Subtraction
- Problem
- Review : Background Subtraction Techniques
- The Proposed Technique
- Experimental Result
- Conclusion

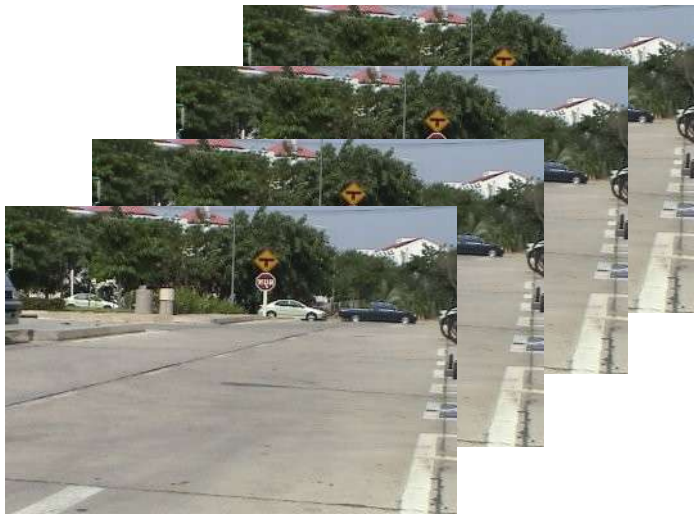
- ระบบการตรวจตราและติดตามด้วยกล้องวิดีโอ (Video Surveillance and Monitoring) สำหรับงานระบบการจราจร การทำงานแบ่งเป็น 3 ส่วนหลัก
  - ตรวจจับวัตถุ (Detection) – แยกวัตถุที่เคลื่อนที่ (รถ) ออกจากฉากหลัง
  - ติดตามวัตถุ (Tracking) - จำแนกรถแต่ละคัน หาตำแหน่งการเคลื่อนที่แต่ละคัน
  - การวิเคราะห์ข้อมูล (Traffic Analysis) - ประมวลผลข้อมูล เช่น ความเร็วรถ ปริมาณรถ/ความหนาแน่นต่อพื้นที่ การเปลี่ยนเลน ประเภทของรถ





Basic Background Subtraction

N *frame*



x_t Incoming frame

$x_{t-1-N}, \ldots . x_{t-1}$

Video Image Sequence

Background Modelling

Frame Subtraction

$$| Frame_i - Background_i | > Th$$

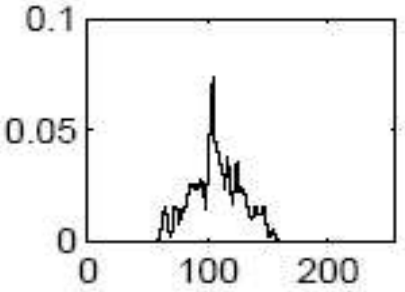
Background Subtraction Problem

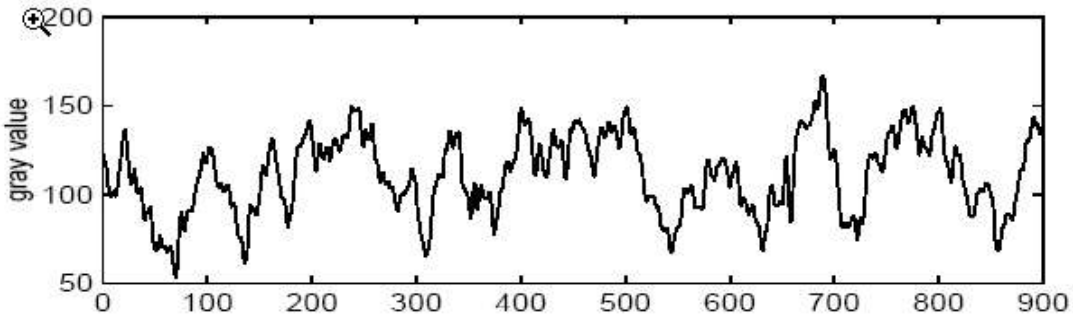
- แบบจำลองจะต้องทนต่อปัจจัยสภาพแวดล้อมลักษณะต่าง ๆ
  - แสง
    - ➔เปลี่ยนอย่างช้า ๆ (gradual illumination change) - จากเมฆบัง แดด
    - ➔เปลี่ยนอย่างรวดเร็ว (sudden illumination change) - เปิด/ปิดไฟ
  - high-frequencies - การไหวของต้นไม้ ใบไม้ ผิวน้ำ ลมพัด กล้องขยับ
  - เงาของวัตถุ
  - การทำงานที่เวลากลางวัน / กลางคืน

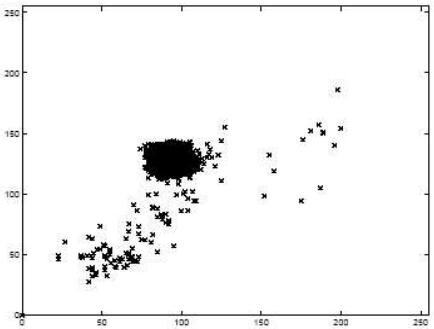
Review: Background Subtraction Techniques

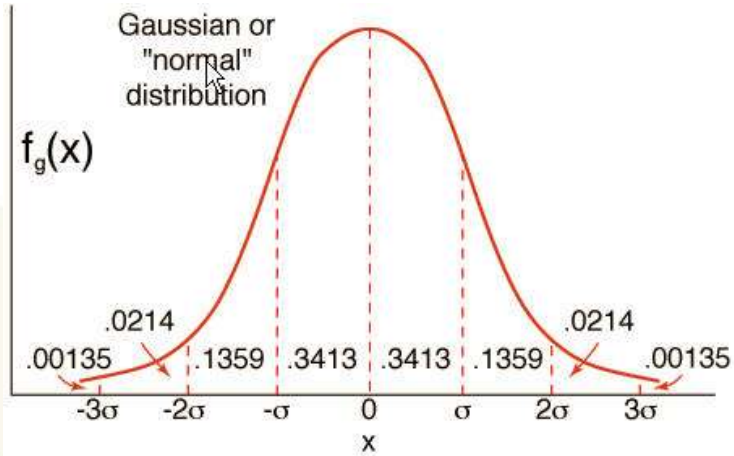
	Average/Mean	Single Gaussian	MoG (C.Stauffer)	Non-Parametric (A.Elgammal)
Feature	Intensity, Color RGB/Normalize- RGB, YCbCr		Intensity, Color RGB	
Supported mode (รูปแบบของข้อมูลที่รองรับ)	Intensity-based	Statistical-based		
Decision	Absolute Distance $\lvert F_i - BG_i \rvert > Th$	$\lvert F - \mu \rvert > k\sigma$		$P(x_t) > Th$
Update	Running Average $B_{t+1} = \alpha F_t + (1-\alpha) B_t$	Running Average $\mu_{t+1} = \alpha F_t + (1-\alpha)\mu_t$ $\sigma^2_{t+1} = \alpha(F_t - \mu_t)^2 + (1-\alpha)\sigma^2_t$	k-mean online	Recent history frame
Training	Static frame sequence (No moving objects)		Any frame sequence	
Initialization	Requires manual re-initialization		Adaptive	
Application	Stable lighting environment		More robust to environmental changes	

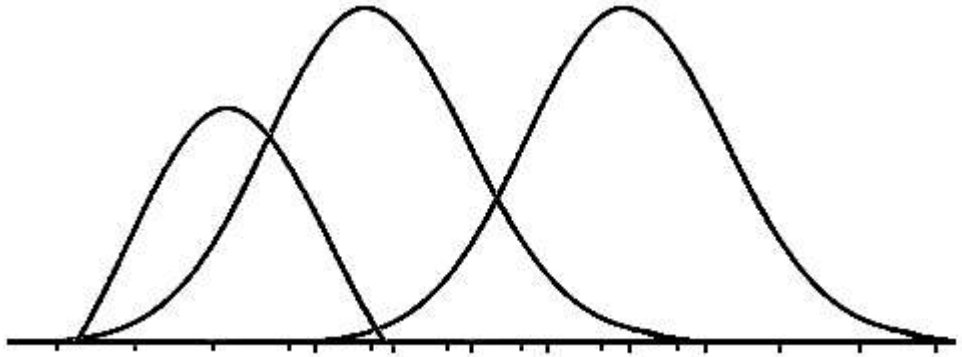
Review: Background Subtraction Techniques (2)

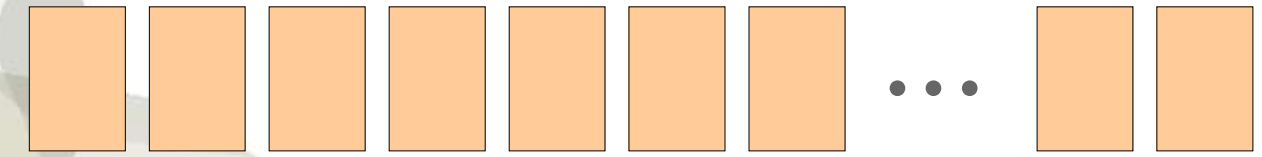












x_t

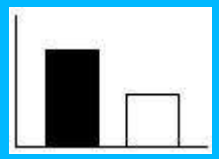
- วัตถุประสงค์
  - เพื่อสร้างแบบจำลองซึ่งทนต่อการเปลี่ยนแปลงของแสง ทำงานแบบ adaptive และประมวลผลรวดเร็ว
- แนวคิด
  - ประยุกต์จากงานของ A.Elgammal
  - เลือกใช้ขอบภาพ (edge) เป็น feature ในการสร้างแบบจำลอง
    - ➔ผลกระทบต่อแสงน้อย
    - ➔ข้อมูลเป็นไบนารี

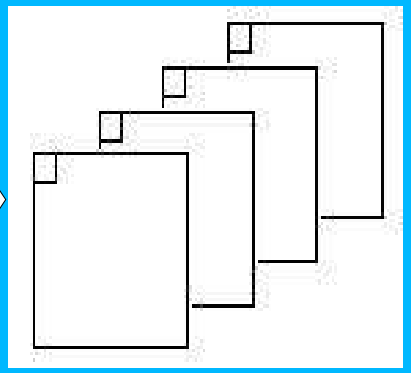
The Proposed Method (2)

$$H_i = \sum_{k=1}^{N} x_{k_i}$$

Background Modelling

Canny Edge Detection





$x_{t-1-N}, \ldots . x_{t-1}$

Update Model

x_t

Decision

Post-processing

Output

$$\text{if} \quad H_{i=x_t} < Th \quad \text{then} \quad x_t = FG$$

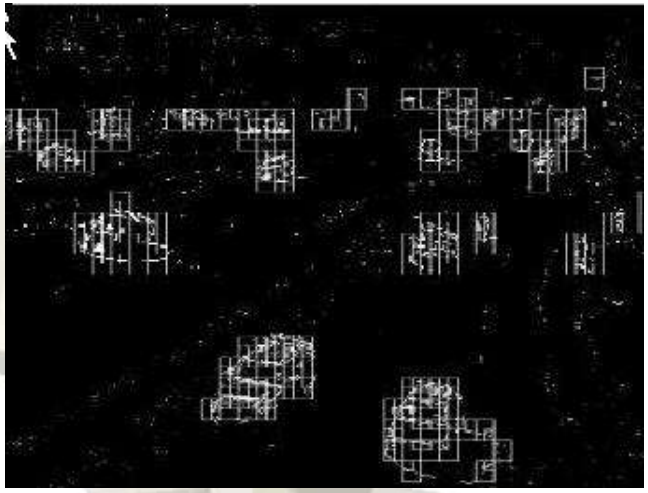
$$\text{else} \quad x_t = BG$$

The Proposed Method (3)

a)

b)

c)



d)

e)

f)

- ฐานข้อมูล
  - ภาพวิดีโอ ถ่ายแบบ Indoor / Outdoor
  - จำนวน 8 ไฟล์ / ขนาดไฟล์เฉลี่ย 8,000 เฟรม / ขนาดภาพ 160x120 / 720x480
- ทำการทดสอบบน PC Pentium4 2.4 Ghz Ram 768 MB
- พารามิเตอร์ ที่ใช้
  - Decision threshold = 0.2N
  - N = 320 frame
  - Post-processing
    - ➔Bounding box : 20x20 และ 10x10
    - ➔Th : 15 และ 10
    - ➔Dilation/Erosion : 3x3

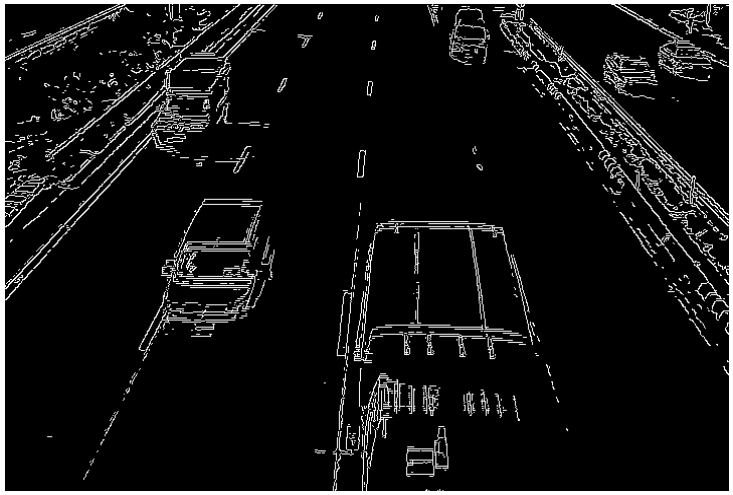
- ประสิทธิภาพความถูกต้องในการจำแนกจุดภาพ FG/BG ด้วยกราฟ Precision-Recall

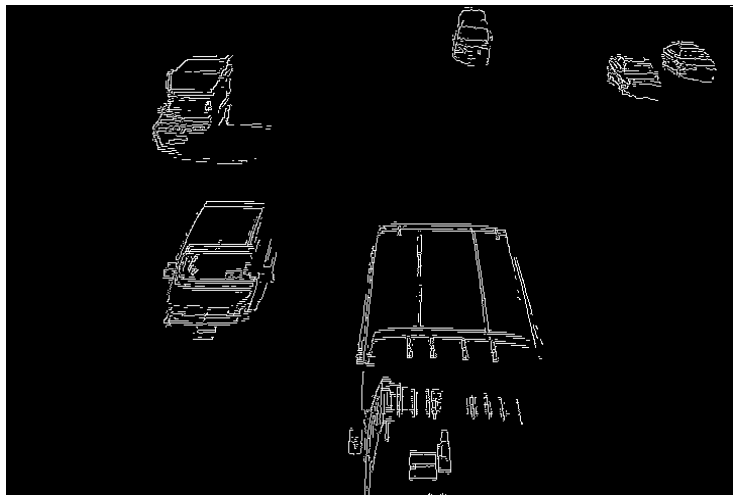
$$P = \frac{foreground_edge_template \quad AND \quad output}{output}$$

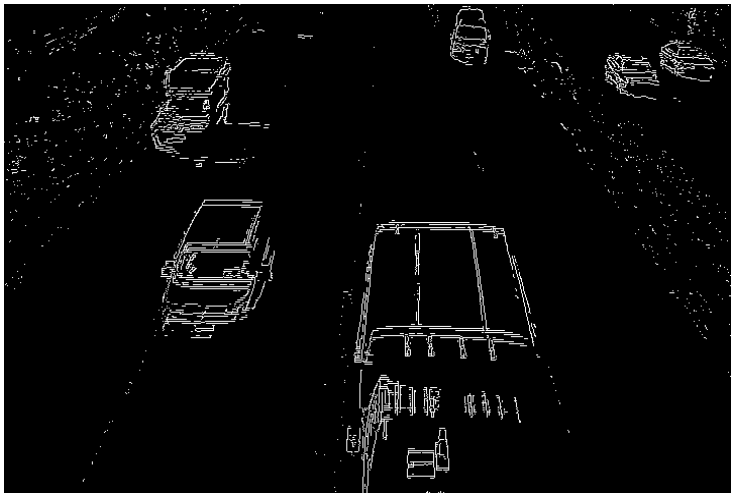
$$R = \frac{foreground_edge_template \quad AND \quad output}{foreground_edge_template}$$

- อัตราความเร็วในการประมวลผล
- ผลลัพธ์เมื่อผ่าน post-processing

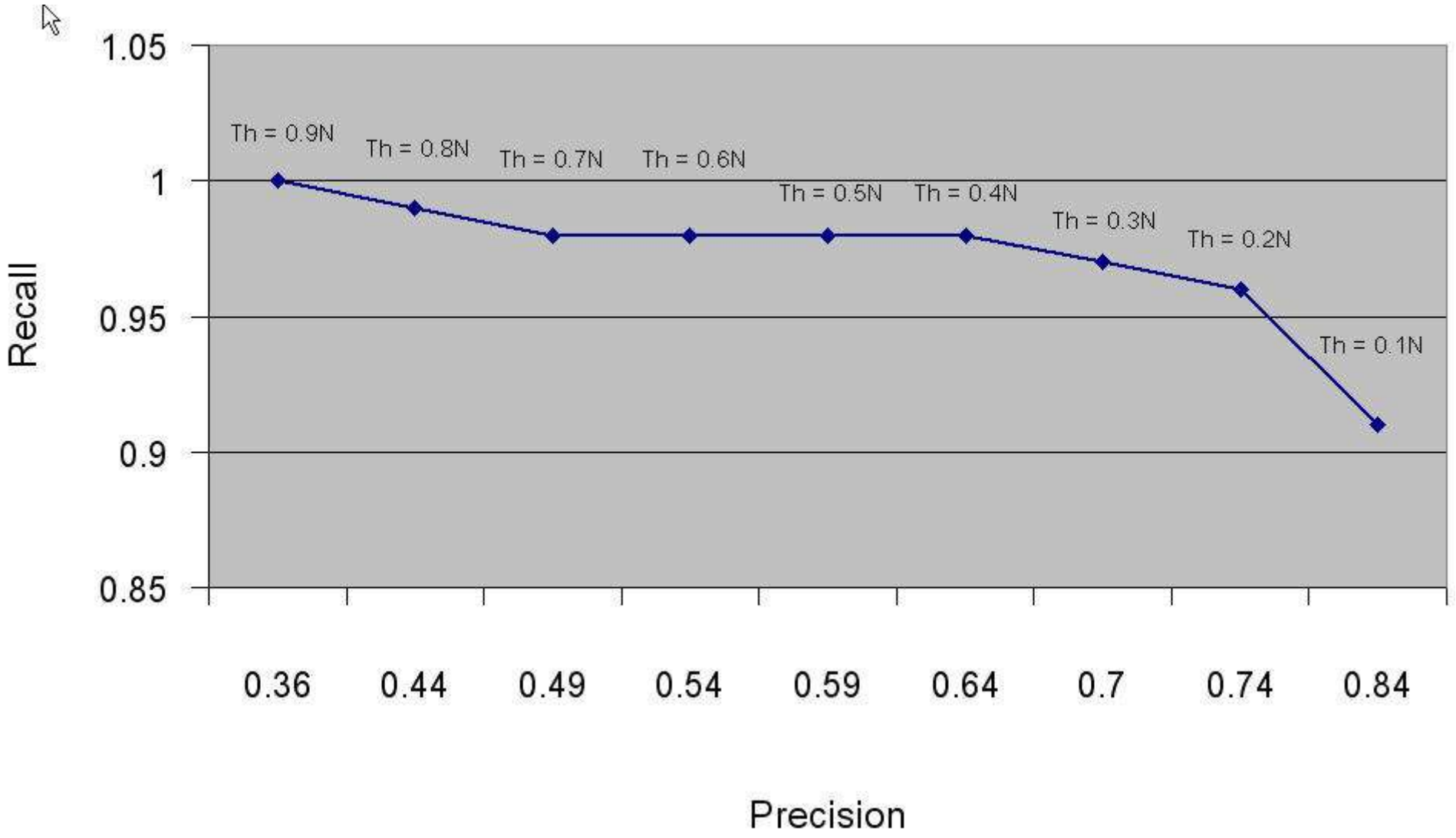
Experimental Result - Precision/Recall



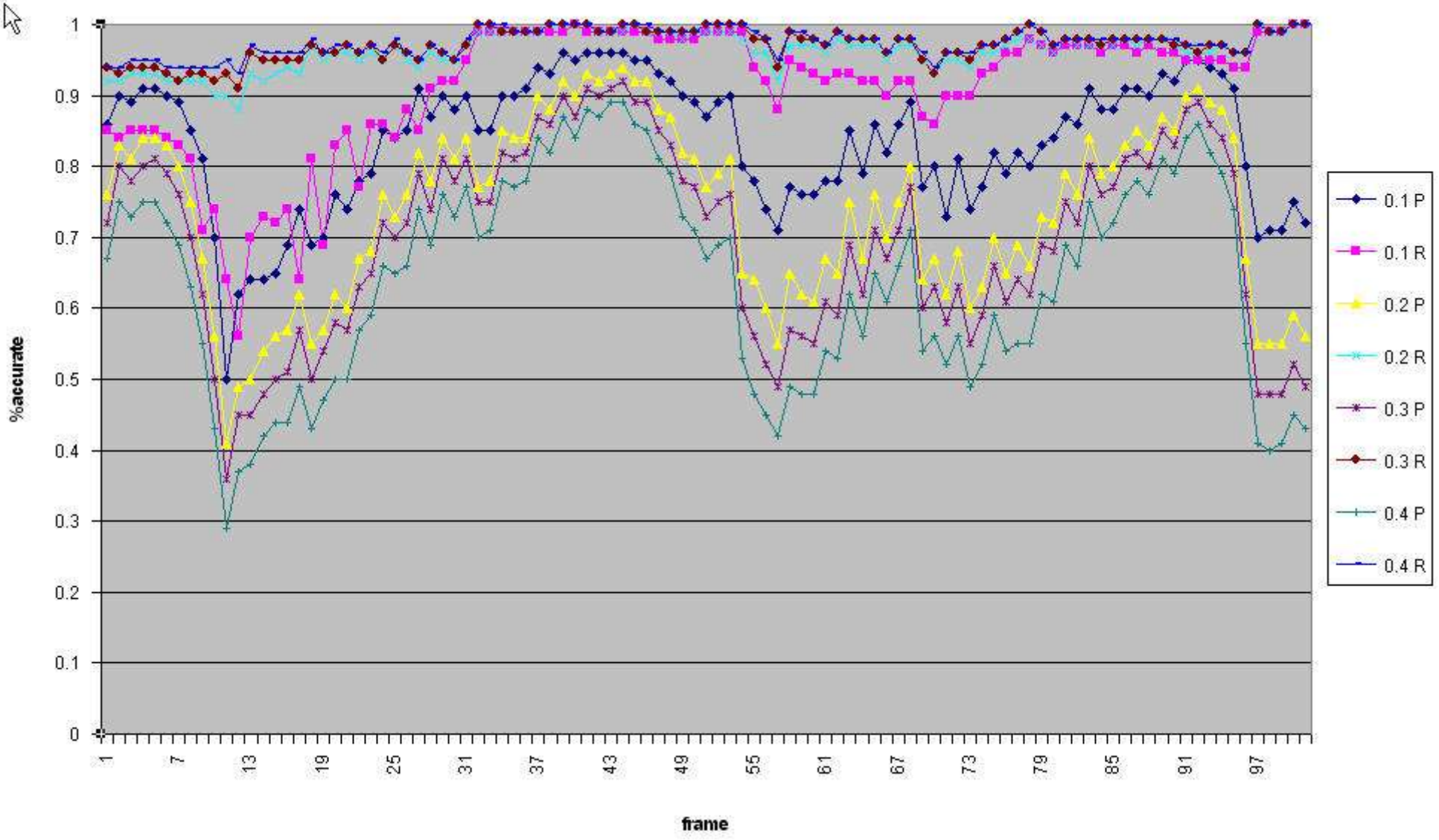




Experimental Result – Precision/Recall (2)



Experimental Result – Precision/Recall (3)

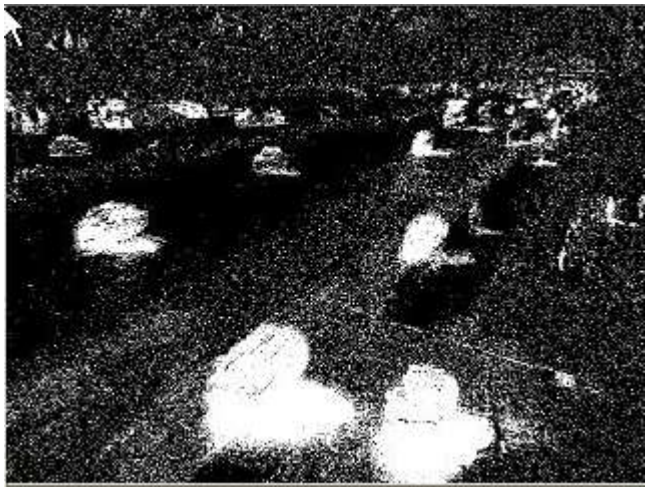


Experimental Result – Performance

frame/sec

	C.Stauffer	A.Elgammal	The proposed method
160x120	4.5	4.4 (10 recent frame) 2 (20 recent frame)	30 (320 recent frame)
720x480	<1	<1	9

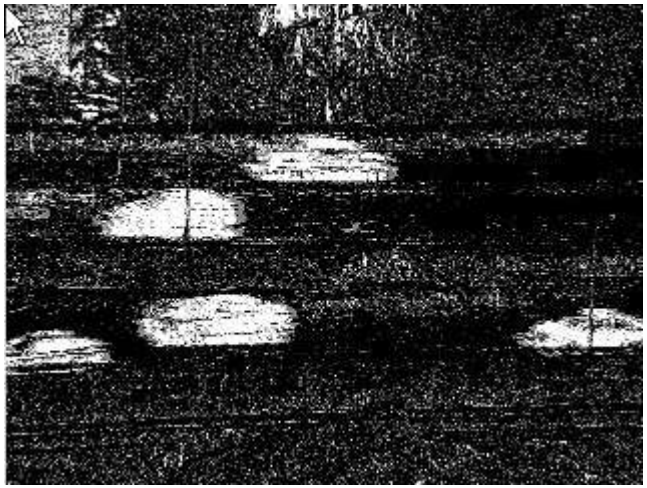
Experimental Result – Post-processing



C.Stauffer

A.Elgammal

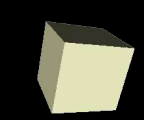
Experimental Result – Post-processing (2)



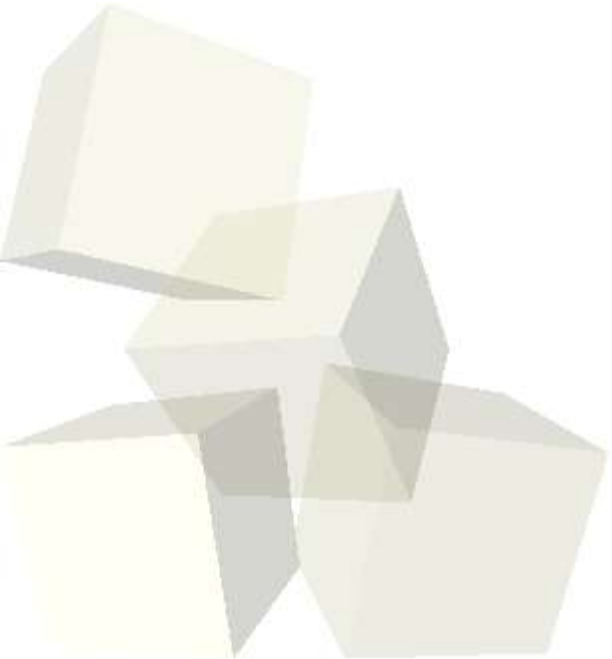
C.Stauffer

Conclusion

- เสนอการตรวจจับวัตถุ (Object Detection) บนภาพวีดีโอโดยใช้เทคนิคการลบฉากหลัง (Background Subtraction) โดยนำข้อมูลขอบภาพ (edge) มาเป็นข้อมูลหลักในการสร้างแบบจำลอง
- ข้อดีของ edge คือ มีผลกระทบต่อแสงน้อย ซึ่งแตกต่างจากความเข้ม (Intensity) หรือสี (Color) ที่จะมีค่าเปลี่ยนแปลงมากเมื่อแสงเปลี่ยน และข้อมูล edge เป็น binary ซึ่งมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับความเข้มหรือสี ทำให้ระบบสามารถประมวลผลได้รวดเร็วกว่า
- แบบจำลองของฉากหลังที่นำเสนอเป็นแบบไดนามิค สามารถปรับตัวตามฉากหลังที่เปลี่ยนไป ทนต่อการเปลี่ยนแปลงของแสงได้ดี การคำนวณไม่ซับซ้อนจึงเหมาะกับ Real-time Application



Thank You



Review: Background Subtraction Techniques

- ค่าเฉลี่ยความเข้มแสง โดยใช้ช่วงคาบเวลาหนึ่งของเฟรมที่เป็นแบบ static หรือ non-moving object

$$|Frame_i - Background_i > Th|$$

- การกระจายตัวแบบเกาส์เซียน (Single Gaussian Distribution)

$$|F - \mu| > k\sigma$$

$$\mu_{t+1} = \alpha F_t + (1-\alpha)\mu_t$$

$$\sigma^2_{t+1} = \alpha(F_t - \mu_t)^2 + (1-\alpha)\sigma^2_t$$

- C. Stauffer,1998 เสนอการกระจายตัวแบบเกาส์เซียนผสม (Mixture of Gaussians, MOG) - รองรับข้อมูลแบบ multi-modal

$$P(x_t) = \sum_{i=1}^{K} \omega_{i,t} * \eta(x_t, \mu_{i,t}, \Sigma_{i,t})$$

$$\eta(x_t, \mu, \Sigma) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}} |\Sigma|^{\frac{1}{2}}} e^{-\frac{1}{2}(x_t-\mu_t)^T(x_t-\mu_t)}$$

Online k-mean: $\omega_{k,t} = (1-\alpha)\omega_{k,t-1} + \alpha(M_{k,t})$

$$\mu_t = (1-\rho)\mu_{t-1} + \rho(x_t)$$

$$\sigma_t^2 = (1-\rho)\sigma_{t-1}^2 + \rho(x_t-\mu_t)^T(x_t-\mu_t)$$

- A. Elgammal,1999 เสนอ Non-parametic

เมื่อ $x_1, x_2 \ldots . x_n$ แทน recent history frame

$$P(x_t) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{N} K(x_t - x_i)$$

$$P(x_t) = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\prod_{j=1}^{d}\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_j^2}} e^{-\frac{1}{2}\frac{(x_{t_j} - x_{i_j})^2}{\sigma_j^2}}$$

$$P(x_t) > Th$$

เมื่อ $m = | x_i - x_{i+1} |$ $\sigma = \frac{m}{0.68\sqrt{2}}$

- ข้อมูลขอบภาพได้จาก canny edge detection
- จาก N recent frame, $x_1, x_2 \ldots . x_n$ นำมาคำนวณฮิสโตรแกรมขอบภาพ
- แต่ละจุดภาพ ประกอบด้วยฮิสโตรแกรม จำนวน 2 ถัง

$$H_i = \sum_{k=1}^{N} x_{k_i}$$

เมื่อ $x_i = \{0,1\}$ (Non-edge) และขาว(edge)

$i = \{0,1\}$ แทน ถังที่เก็บจำนวนจุดภาพดำและขาว

Decision

$$if \quad H_{i=x_t} < Th \quad then \quad x_t = FG$$

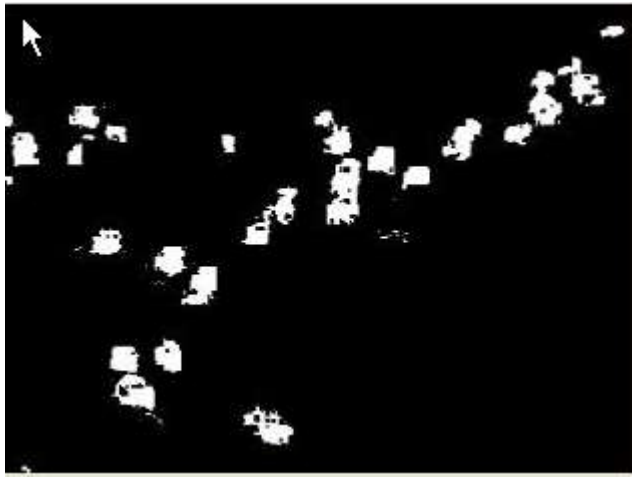
$$else$$

$$x_t = BG$$

Post-processing

- Bounding box grid
- นับจำนวนจุดภาพภายใน box
- ทำ Dilation บน box ที่มีจำนวนจุดภาพเกินค่าที่กำหนด
- ทำ Erosion ทั้งภาพอีกครั้ง

Experimental Result – Post-processing (3)



Review: Background Subtraction Techniques

- วิธีการตรวจจับวัตถุนอกเหนือจากเทคนิคการลบฉากหลัง ได้แก่ Wallflower, Wavelet และ Markov chain monte Carlo