



תכנית קורסים מוצעת

2012

המסמך להלן מתאר את מבחר הקורסים המוצעים ע"י חברת SagivTech בתחומי עיבוד התמונה השונים ובנושאים הקשורים למימוש אלגוריתמים. נשמח לתת מידע נוסף לפי הצורך.

הקורסים מתחלקים לנושאים הבאים:

(1) עיבוד תמונה, ראייה ממוחשבת וגאומטריה חישובית

(2) GPU Computing

(3) פיתוח תכנה לאפליקציות עיבוד תמונה



תוכן עניינים:

עמוד	שם הקורס
3	עיבוד תמונה בסיסי
6	עיבוד תמונות – מתקדם
13	קורס בעיבוד תמונה ו – Machine Learning
18	Statistical Reasoning & Bayesian Reasoning
19	קורס בסיסי בגאומטריה חישובית
20	Basic CUDA course
22	Basic OpenCL Course
24	Advanced Image Processing on the GPU
26	Optimal Code for Image Processing Applications
34	לוח זמנים ל- 2012



עיבוד תמונה וראייה ממוחשבת

1. עיבוד תמונה בסיסי

אודות הקורס:

מאז שצולמה התמונה הראשונה בצרפת לפני כ-180 שנה, תמונות הפכו לשחקן משמעותי בתחומים רבים ומגוונים (רפואה, בידור, אבטחה ועוד). עיבוד תמונות עוסק בשיפור וניתוח תמונות לשתי מטרות עיקריות: שיפור התמונה למטרת הצגתה, וקבלת מידע משמעותי מתוך התמונה כדי לזהות למשל פגמים בתהליך יצור.

הקורס "עיבוד תמונה בסיסי" מקיף נושאים רבים ומציג שיטות מקובלות לשיפור וניתוח תמונות תוך כדי הצצה לשיטות מתקדמות שהן ה- state of the art בתחום.

הקורס ניתן להעברה ברמה התאורטית במשך שלושה ימי לימוד (24 שעות אקדמיות) או בשילוב דוגמאות ותירגולים רטובים בעזרת Matlab, ואז הקורס בן חמישה ימים (40 שעות אקדמיות).

הקורס מיועד לכל מי שרוצה להרחיב את ידיעותיו בתחום זה, בעיקר לכאלה עם רקע טכנולוגי העוסקים בתחומים משיקים: מהנדסי תוכנה, מהנדסי אלקטרוניקה, ופיסיקאים.

קהל היעד: בעלי רקע הנדסי מדעי

דרישות קדם: אין

משך: 3-5 ימים

1. Image Acquisition and Sampling

- Image Acquisition: optics, sensor and ISP
- Spatial frequencies, the sampling theorem
- Nyquist & Aliasing

2. Image Quantization

- Noise & quantization noise
- Max-Lloyd Quantization

3. Image Enhancement

- Image Quality Measures



- b. Point-wise operations
- c. Exercise: Adaptive Threshold
- d. Histogram based methods
- e. Spatial Filtering

4. De-noising Algorithms

- a. Determination of noise level
- b. Linear Filters
- c. Non Linear Filters
- d. Exercise: Linear vs. Non Linear Filters

5. Segmentation

- a. Edge Detectors
- b. Boundary Based Methods
- c. Regions Based Methods
- d. Hough Transform & Edge Linking
- e. Exercise: Experiments with various edge detectors

6. Morphological Filters

- a. Binary Morphology
- b. Exercise: Hit or Miss Transform

7. Geometrical Transformations

- a. Translation, Scaling & Shear applied to images
- b. Linear transformation of the coordinates
- c. Exercise: Translation seen as an interpolation problem

8. Color Image Processing

- a. Basic Color Models



- b. Basic operations in color images

9. Image Transforms

- a. 1D Fourier Transform
- b. 2D Fourier Transform
- c. Short Time Fourier Transform
- d. Exercise: Gaussian Pyramids
- e. Getting to know Wavelets
- f. The Convolution Theorem
- g. Filtering in the Frequency Domain

10. Image Restoration

- a. Standard Methods for image restoration
- b. Image Quality Measure – sharpness
- c. Exercise: Estimation of image sharpness



2. עיבוד תמונות – מתקדם

עיבוד תמונות הוא תחום שמתפתח ומשתנה באופן רציף ומהיר ולעוסקים בו יש צורך להתעדכן בשיטות חדשות. הקורס עיבוד תמונות מתקדם המיועד לאלגוריתמאים הפעילים בתחום מציג שיטות מתוחכמות וחדשניות שהן ה- state of the art בתחום לטיפול בתמונות.

הקורס מורכב ממודולים בני יום, כל אחד עוסק בנושא מרכזי אחד. ניתן להרכיב קורס לפי הצורך.

קהל היעד: אנשי עיבוד תמונה
דרישות קדם: ידע בעיבוד תמונה
מרצה: ד"ר חן שגיב ומרצים נוספים
תוכן הקורס:

Module 1

A survey of Variational Methods for Image Processing Applications

- Basics of variational approach
- Snakes
- Active Contours without edges
- Non Linear Diffusion: Perona-Malik, Total Variation
- Non Linear Filters, e.g. the Bilateral Filter

Module 2

A survey of Image Features Generation

- Wavelets, Ridgelets, Shearlets, ...
- Fourier & Gabor descriptors
- Structure Tensor
- SIFT - Scale Invariant Feature Transform
- SURF – Speeded Up Robust Features



Module 3

Introduction to Visual Search Engines

- a. Shape Similarity
- b. Histogram Similarity
- c. Color Similarity
- d. Texture Similarity : Structural approach & Statistical approach
- e. MPEG 7
- f. Bag of Features approach
- g. Adding spatial information
- h. The semantic gap

Module 4

Viola Jones & Statistical Reasoning

- a. Features Selection via Boosting: the Viola Jones Algorithm for Face & Object Detection – Half day.
- b. Decision Theory or Statistical reasoning – Half day
 - Image Modeling
 - Supervised Learning
 - Semi Supervised Learning
 - Un Supervised Learning
 - Classification



Module 5

3D Image Processing

- a. Introduction to 3D
 - Human perception of depth
 - Binocular vision and stereopsis
 - Indirect perception of depth
 - Ill-posedness and optical illusions
 - Basic notions and notation
 - Binocular vision and stereopsis

- b. Acquisition
 - Passive acquisition
 - Shape from stereo (correlation, optical flow)
 - Shape from motion
 - Active acquisition

- c. Processing
 - Representation
 - Discrete geometry
 - Shape registration

- d. Visualization and Display
 - 3D TV
 - Glasses based displays
 - Stereoscopic display
 - Autostereoscopic Displays



Module 6

Super Resolution (SR)

1. Introduction & Motivation
2. SR vs. deblurring & interpolation
3. Super-Resolution Enhancement as an Ill-Posed Inverse Problem
4. Spatial Domain SR Solutions
 - a. Interpolation of Non-Uniformly Spaced Samples
 - b. Algebraic Filtered Backprojection
 - c. Probabilistic Methods
 - d. MAP Reconstruction Methods
 - e. Maximum Likelihood and Expectation Maximization based Algorithms
5. Frequency Domain SR Solutions
6. Set Theoretic Methods
 - a. Projection Onto Convex Sets
 - b. Bounding Ellipsoid Method
7. Hybrid ML/MAP/POCS Methods
8. Optimal and Adaptive Filtering Methods
9. Tikhonov-Arsenin Regularized Methods
10. Applicative algorithms
 - a. Super-Resolution Reconstruction for Pure Translational Motion and Space-Invariant Blur
 - b. SR as Super Interpolation
 - c. Super-Resolution Video Reconstruction
 - d. Space-Time SR
 - e. SR for Color Images
11. Review of SR from a single image algorithms
12. Limitations of SR



Module 7

High Dynamic Range

1. Motivation & Introduction
2. The Observation model, the CRF – how to get it ?
3. High Dynamic Range with known Response Function
4. High Dynamic Range with un-known Response Function
5. Color Images & HDR

Module 8

Digital Auto Focus

1. Image Formation model
2. Blur estimation from Slant Edges
3. Blur Estimation in natural images
4. Blur Estimation in the Spatial Domain
5. Blur Estimation in the Frequency Domain: Phase Coherence
6. Blur Estimation via the wavelet transform
7. Blur estimation using optical methods
8. Deblurring Algorithms
9. Focused Image Recovery from Two Defocused Image

Module 9

Advanced Noises Removal

1. The classical methods: linear, adaptive, non-linear, mathematical morphology
2. Variational Methods
3. Wavelets based methods, Edge Avoiding Wavelets
4. Non local means algorithm
5. Discrete Universal Denoiser (DUDE)
6. Gaussian Scale Mixture for Image Denoising

Sagiv Tech Ltd., Eliezer Yaffe 37, Ra'anana 43451, Israel

www.sagivtech.com

The contents of this document is confidential.



7. K-SVD for image denoising
8. Shape Adaptive Transforms
9. Block Matching
10. How to assess the performance of a denoising algorithm ?
11. Hands on: Wavelets based Denoising

Module 10

Background Removal

1. Pre-processing: geometric adjustments, intensity adjustments
2. Background modeling
 - a. Background representation
 - b. Background adaptation
 - i. Non recursive techniques: frame differencing, average filter, median filter, Minimum-Maximum filter, Linear Predictive Filter, No Parametric Modelling
 - ii. Recursive techniques: approximated median filter, single Gaussian, Kalman Filter, Mixture of Gaussians, Clustering based, HMM
 - c. Background initialization
3. Foreground Detection
 - a. Difference based
 - b. Statistical based
 - c. Clustering based
 - d. Thresholding Algorithms
4. Data Validation: coping with noise
5. Performance Evaluation
6. Statistical & Texture based background modeling
7. Hands on: video stabilization

Module 11

A Day on Kalman & Matched Filters

Kalman filter

1. What is the Kalman Filter and what is it good for ?
2. The Prediction-Correction Model
3. Simple Example
4. Extended Kalman Filter
5. The Unscented Kalman filter
6. The Kalman filter in image processing

Sagiv Tech Ltd., Eliezer Yaffe 37, Ra'anana 43451, Israel

www.sagivtech.com

The contents of this document is confidential.



7. Example & Hands on for Kalman Filter for Motion Tracking

Matched filter

1. What is a Matched Filter and what is it good for ?
2. How is the matched filter derived ?
3. The correlation receiver method
4. Matched filter in the frequency domain.
5. Simple examples
6. Shortcoming of the matched filter
7. Matched filters and Nyquist
8. Non linear matched filters
9. Hands on for Matched Filter: Vessel Extraction Using Multiscale Matched Filters



3. קורס בעיבוד תמונה ו – Machine Learning

הגדרת קהל היעד: מהנדסי ביו-רפואה העוסקים בפיתוח ומימוש אלגוריתמים ללא רקע מיוחד בעיבוד תמונה ולמידת מכונה וגם בוגרי תואר שני המתעניינים בנושאים מתקדמים.

הגדרת דרישות קדם: ידע בסיסי במדעים וכתובה ב- Matlab

מרצים: ד"ר חן שגיב ומרצה נוסף.

משך: 5 ימים

על הקורס: הקורס סוקר נושאים בסיסיים בסטטיסטיקה, עיבוד תמונה וראיית מכונה, כמו גם נושאים בלמידת מכונה. הקורס יתמקד בנושאי מימוש, בחירת פרמטרים, מובהקות תוצאות ואנליזה של תוצאות הפעלת אלגוריתמים שונים.

תוכן הקורס:

Part 1: Basics of Statistics

Lecture 1: Introduction to Statistics

Probability Theory, Probability densities, Model Selection

Random Variables, Mean, Standard Deviation, Correlation, Linear & non linear estimation, SNR as a random variable, Law of large numbers, The central limit theorem, White noise

Lecture 2: Statistics in practice

Statistical Tests, How to differentiate between populations

How to generate distributions, How to generate random noise, How to generate correlated noise

The Gaussian Distribution, Bayes, theorem for Gaussian variables, Size of population

Testing hypothesis, Mixtures of Gaussians, Least Squares, Linear Regression, Maximum likelihood, EM for Gaussian mixtures



Part 2: Basics of Image Processing

Lecture 3: Introduction to Image Processing & Image Enhancement Methods

1. Short Introduction on Image Acquisition and Sampling
2. Short Introduction to Matlab
3. Image Enhancement
 - a. Image Quality Measures
 - b. Point Wise Operations
 - c. Adaptive Threshold
 - d. Histogram based methods

Lecture 4: Filtering

De-noising Algorithms

Determination of noise level, Linear Filters, Non Linear Filters, Exercise: Linear vs. Non Linear Filters, Bilateral Filter

Segmentation

LOG, DOG

Morphological Filters

Exercise: Hit or Miss Transform

Matched Filters

Sagiv Tech Ltd., Eliezer Yaffe 37, Ra'anana 43451, Israel

www.sagivtech.com

The contents of this document is confidential.



Lecture 5: Segmentation

Edge based methods

Boundary based methods

A bit(e) of Snakes

Hough Transform for lines & circles

Lecture 6: A survey of Image Features Generation

Harris Corner Detector, SIFT, SURF, Fractal Dimension

Descriptors from Image Transforms

- a. Fourier Transform & Short Time Fourier Transform
- b. The concept of Gaussian Pyramids & Getting to know Wavelets
- c. The Convolution Theorem & Filtering in the Frequency Domain

Lecture 7: Registration

The Descriptors

The points matching

The transform



Lecture 8: Object Recognition & Optimization Problems

- a. Object Detection methods. Example: the Viola Jones Algorithm
- b. Identification of blood vessels: line detection, blob detection, ridge detection, between lines and spots – aspect ratio
- c. Optimization problems
- d. Methods for the numerical solution of Optimization problems: Steepest Descent , Conjugate Gradient

Part 3: Introduction to Machine Learning in Computer Vision Applications

Some of the issues that will be addressed during the lectures are: Accuracy level, specificity, sensitivity , Parameters finding & Overfitting, Is there always a solution ? , What to do when there are too many correlated variables

Lecture 9: Pattern Recognition systems

Modules and algorithms flow

Development Process

Performances estimations

Lecture 10: Introduction To Learning Methods

Unsupervised - K-means Clustering

Supervised – Naïve Base, K nearest neighbors, Decision Tree

Semi-Supervised

Lecture 11: Linear discriminant analysis

LDA for two classes

Canonical discriminant analysis for k classes

Sagiv Tech Ltd., Eliezer Yaffe 37, Ra'anana 43451, Israel

www.sagivtech.com

The contents of this document is confidential.



Fisher's linear discriminant

Multiclass LDA

Lecture 12: Continuous Latent Variables

Principal Component Analysis

Applications of PCA

PCA for high-dimensional data

Lecture 13: Support Vector Machines (SVM)

Maximum Margin Classifiers

Linear SVM

Kernel Methods

Lecture 14: Adaptive Boosting

Theory

Relation to SVM

Multi class classification



Statistical Reasoning & Bayesian Reasoning .4

אודות הקורס:

This is a 60 academic hours course that deals with the analysis of stochastic and statistical processes and the design of optimization mechanisms in various applications. The course is not dealing directly with computer vision, but the examples and applications are taken from the Photogrammetry & Computer Vision world.

קהל היעד: בעלי רקע במתמטיקה או בפיסיקה

דרישות קדם: רקע במתמטיקה.

משך: 8 ימים

מרבזה: ד"ר גארי זלמנסון

תוכן הקורס:

1. Vector & Matrix Algebra - A Review
 - Vector Algebra, Matrices, Quadratic Forms, Generalized Inverses, Projections
2. Probability Theory
 - Random Variables, Moments, Univariate & Multivariate Distributions, Hypothesis Tests
3. Parameter Estimation in Linear Models (The Theory of Least-Squares)
 - Gauss Markov, Gauss-Markov Model not of Full Rank, Helmert, Gauss-Helmert, Robust Parameter Estimation, Hypothesis Testing
4. Non-linear Optimization
 - Optimization Strategies (Gauss-Newton, Lavenberg-Marquardt, Search Methods), Markov Random Fields
5. Stochastic & Spatial Processes
 - Dynamic Processes & Kalman Filtering, Introduction to Geo-statistics, Spatial Prediction & Kriging
6. Application in Photogrammetry & Computer Vision
 - Camera Calibration, Pose Estimation, Motion & Structure From Stereo, Photogrammetric Triangulation, 3D Modeling & Surface Reconstruction, Image & Surface Fusion



5. קורס בסיסי בגאומטריה חישובית

אודות הקורס:

The course covers fundamental algorithms for solving geometric problems such as computing convex hulls, intersection of line segments, Voronoi diagrams, polygon triangulation, and linear programming in low dimensional space. We will also discuss several applications of geometric algorithms to solving problems in computer graphics and Computer Vision.

קהל היעד: בעלי רקע הנדסי מדעי

דרישות קדם: אין

משך: 5 ימים

מרצה: ד"ר אפי פוגל

תוכן הקורס:

1. What is Computational Geometry? Naive convex hull algorithms. Line segment intersection
Gift wrapping. Graham's $O(n \log n)$ algorithm. Lower bound for convex hull algorithms.
Output sensitive algorithm to compute the intersections of line segments: Bentley Ottmann's plane sweep.
2. The doubly-connected edge list (DCEL), and overlay of planar subdivisions.
The Douglas-Peucker algorithm for line simplification.
3. Polygon triangulation.
4. The casting problem. Half plane intersection. Introduction to Linear Programming. A randomized algorithm for LP in 2D. . The unbounded case in 2D; sketch of LP in 3D.
5. Orthogonal range search I: kd-trees. Orthogonal range search II: range-trees. Fractional cascading.
6. Point location in planar maps, trapezoidal maps, randomized incremental construction.
7. Voronoi diagrams.
8. Line arrangements and duality.
9. Delaunay triangulations.

Sagiv Tech Ltd., Eliezer Yaffe 37, Ra'anana 43451, Israel

www.sagivtech.com

The contents of this document is confidential.



GPU Computing

Basic CUDA course .6

אודות הקורס:

בשנים האחרונות אנו עדים למגמה גוברת של שמוש במעבד הגרפי של המחשב (GPU), שנועד במקור להאצת תצוגה וגרפיקה על המסך, לחישובים מתמטיים כבדים שניתן למקבל (GP-GPU). אלגוריתמים רבים נחשבים כבדים מידי למימוש כאשר יש אילוצים על זמן הריצה. כאשר מממשים אותם על ה-GPU ניתן לקבל האצה משמעותית ביחס למימוש על המעבד הרגיל של המחשב ובכך להפוך אפליקציות 'אקדמיות' לאפליקציות תעשייתיות יעילות.

בקורס נציג את האפשרויות לממש אלגוריתמים כלליים על המעבד הגרפי תוך שימוש ב- CUDA ו- OpenCL מטרת הקורס היא להציג את ה-GPU ואת הדרכים להשתמש בו למטרה של חישובים כבדים בכלל ובאפליקציות בעיבוד תמונה בפרט.

הקורס מיועד לבעלי ידע וניסיון בפיתוח תכנה ובעלי ניסיון תכנות משמעותי ב- C/C++

קהל היעד: בעלי רקע בפיתוח תכנה המעוניינים לכתוב אפליקציות על ה-GPU.
דרישות קדם: בעלי ידע וניסיון בפיתוח תכנה ובעלי ניסיון תכנות משמעותי ב- C/C++
משך: 4 ימים
מרצים: מיכה פייגיין ואורן טרופ
תוכן הקורס:

1. OVERVIEW OF THE GPU

- Introduction
- GPGPU motivation
- Intro to computer graphics
- GPU programming environments
- CPU & system architecture
- GPU architecture

Sagiv Tech Ltd., Eliezer Yaffe 37, Ra'anana 43451, Israel

www.sagivtech.com

The contents of this document is confidential.



- GPU performance analysis
- When and why are GPUs faster
- System considerations
- HW SKU review

2. GPU & CUDA

- The GPU threading model - host vs. device
- CUDA memory model
- CUDA execution model
- Auxillary libraries
 - Blas on the GPU
 - FFT on the GPU

The Bilateral Filter with CUDA

- Hands On CUDA

3. GPU & OPENCL

What is OpenCL

Why should you use OpenCL

OpenCL & CUDA

Hands on OpenCL



Basic OpenCL course .7

אודות הקורס:

חברת שגיבטק שמחה להציג קורס OpenCL המיועד למעוניינים לפתח קוד למערכות הכוללות CPU ו-GPU. תחת השם (Open Computing Language) OpenCL טמון סטנדרט פתוח בתחום יצירת [תוכנות](#) המשתמשות בחישובים מקבילים למטרות כלליות. בפיתוח וקידום OpenCL עוסק גוף בלתי מסחרי Khronos Group המורכב מ- AMD, Intel, NVIDIA וחברות אחרות.

בשנים האחרונות אנו עדים למגמה גוברת של שימוש במעבד הגרפי של המחשב (GPU), שנועד במקור להאצת תצוגה וגרפיקה על המסך, לחישובים מתמטיים כבדים שניתן למקבל. אלגוריתמים רבים, בתחומים שונים, נחשבים כבדים מידי לשימוש כאשר יש אילוצים על זמן הריצה. כאשר מממשים אלגוריתמים אלה על ה-GPU ניתן לקבל האצה משמעותית של פי 10, 20, 50 ולעיתים אף יותר ביחס לשימוש על המעבד הרגיל של המחשב ובכך להפוך אפליקציות 'אקדמיות' לאפליקציות תעשייתיות יעילות.

בקורס זה נציג את האפשרויות לממש אלגוריתמים כלליים על המעבד הגרפי תוך שימוש ב- OpenCL.

הקורס מיועד לבעלי ידע וניסיון בפיתוח תכנה ובעלי ניסיון תכנות משמעותי ב- C/C++

קהל היעד: בעלי רקע בפיתוח תכנה המעוניינים לכתוב אפליקציות על ה-GPU.
דרישות קדם: בעלי ידע וניסיון בפיתוח תכנה ובעלי ניסיון תכנות משמעותי ב- C/C++
משך: 4 ימים
מרצים: מיכה פייגיין, אורן טרופ, תומר גל
תוכן הקורס:

1 INTRODUCTION TO GPUS AND GPU COMPUTING

- 1.1 The GPU state of mind
- 1.2 Hardware
- 1.3 Tools
- 1.4 Introduction to Parallel Programming

2 OPENCL MATRIX TRANSPOSE

- 2.1 What is OpenCL
- 2.2 Setting up OpenCL
- 2.3 First OpenCL Program
- 2.4 Host-side OpenCL
 - 2.4.1 OpenCL's Device Hierarchy
 - 2.4.2 Host/Device Data Transfers
- 2.5 Images

Sagiv Tech Ltd., Eliezer Yaffe 37, Ra'anana 43451, Israel

www.sagivtech.com

The contents of this document is confidential.



- 2.6 Memory access patterns – Coalescing
- 2.7 GPU memory types
- 2.8 Advanced Host/Device data transfers

- 3 OPENCL MATRIX MULTIPLY

- 3.1 How Important is Occupancy?

- 4 ALTERNATE PLATFORMS

- 4.1 ATI GPUs
- 4.2 CPUs

- 5 BOTTLENECK ASSESSMENT

- 6 PROFILING AND DEBUGGING THE CODE

- 7 DIFFUSION AND PDES

- 8 PARALLEL REDUCTION

- 9 IMAGE HISTOGRAMS

- 10 LINEAR AND NON-LINEAR FILTERING
- 10.1 Filters and Convolutions in Image Space
- 10.2 Convolution in the Spectral Domain

- 11 OPENGL / DIRECTX AND CUDA INTEROPERABILITY

- 12 OPENCL VS. CUDA



Advanced Image Processing on the GPU .8

אודות הקורס:

This is a 4-days hands on course on application of state of the art image processing algorithms on the GPU.

The course will provide professionals who deal with image processing applications with tools that will enable them to efficiently implement these algorithms in a GPU environment.

The target audience of this course is assumed to know CUDA basics and image processing.

Each session will be composed of 3 parts:

1. Theoretical aspects of the algorithm, image processing wise.
2. Implementation on the GPU.
3. Hands on & Discussion.

קהל היעד: בעלי רקע בפיתוח תכנה בסביבת CUDA המעונינים לכתוב אפליקציות עיבוד תמונה על ה-GPU.

דרישות קדם: בעלי ידע וניסיון בפיתוח תכנה בשפת CUDA ובעלי רקע בעיבוד תמונה

משך: 4 ימים

מרצים: מיכה פייגין, אורן טרופ

תוכן הקורס:

- Bottlenecks assessment
- Memory
- GPU Memory Access Patterns
- Host Memory

Hands on

Perona-Malik

- Asynchronously and stream processing
- Large images
- Multiple GPUs (OpenMP and MPI)

Sagiv Tech Ltd., Eliezer Yaffe 37, Ra'anana 43451, Israel

www.sagivtech.com

The contents of this document is confidential.



Hands on

Extending Perona-Malik to multiple GPUs

- Linear and Non-Linear Filtering

Hands on

Harris corner detector with application for man made object detection

- Image Registration with the GPU (theory)
- Image Registration with the GPU: SURF (practice)
- Reductions
- Prefix sum

Hands on

Prefix sum for extracting features from Harris analysis

- Mathematical Morphology

Hands on

Hit or miss transform

- Gray Level Co-Occurrence Matrices

Hands on

Texture analysis for man made object detection

- A short view on Optical Flow on the GPU: Lucas-Kanade

Sagiv Tech Ltd., Eliezer Yaffe 37, Ra'anana 43451, Israel

www.sagivtech.com

The contents of this document is confidential.



פיתוח תכנה לעיבוד תמונה

Optimal Code for IP Applications .9

אודות הקורס:

קורס זה עוסק בהעברת אלגוריתם מסביבת פיתוח תאורטית למימוש ב"חיים האמיתיים". הקורס מטפל בשלבים הדרושים לכתיבה נכונה ויעילה, התמחשבת באילוץי האלגוריתם מצד אחד ובמגבלות פלטפורמת המימוש מצד שני.

הנושאים הנידונים בקורס כוללים הגדרת מסמך הדרישות, implementation design, מעבר מאפליקצית Matlab לאפליקצית C, טיפים לכתיבת קוד יעיל ומיטבי לאפליקציות עיבוד תמונה, מבוא לשיטות מקבול, גישות ב – testing וב- profiling וספריות מקובלות בעיבוד תמונה.

קהל היעד: בעלי נסיון פיתוח ב- C++ העוסקים במעבר מאלגוריתם לאפליקציה עובדת.

דרישות קדם: בעלי ידע וניסיון בפיתוח ב- C++

משך: 5 ימים

מרצים: תומר גל, מיכה פייגין

תוכן הקורס:

OVERVIEW OF THE ALGORITHM DEVELOPMENT PROCESS

1. DOMAIN ANALYSIS

1.1. Functional requirements

- Operating domain and environment
- Functional capabilities
- Supported data types
- Data volume and Accuracy level needed
- Free variables (range, constraints)
- Illegal inputs handling
- Testability requirements
- Data compression, limitation of artifacts generation

Sagiv Tech Ltd., Eliezer Yaffe 37, Ra'anana 43451, Israel

www.sagivtech.com

The contents of this document is confidential.



1.2. Performance requirements

- Computation time
- Memory usage: stream, intermediate and worst case

1.3. Implementation environment: resources & bottlenecks

Identify the PC (or embedded board) resources limitations:

- Storage size
- RAM size (external memory)
- Buffer / cache size (internal memory)
- CPU speed (clock speed)

1.4. Choosing implementation language: C, C++, Assembly

THE IMPLEMENTATION STAGE

2. IMPLEMENTATION DESIGN

The goal of the design is to achieve:

- Maintainability
- Extensibility
- Flexibility

Methods to achieve this:

- System abstraction strategy: object classes oriented vs. operator classes oriented
- Functional blocks.
- Layered architecture.
- Naming convention
- High-level function's signature
- Self contained data types.

5. MIGRATING CODE FROM MATLAB TO C/C++

- Integrated development using Matlab and C.

Sagiv Tech Ltd., Eliezer Yaffe 37, Ra'anana 43451, Israel

www.sagivtech.com

The contents of this document is confidential.



- What can you expect from Matlab ?
- How can you integrate C code into the Matlab environment ?
- How fast can you get when migrating from Matlab to C ?

EFFECTIVE CODE: TOPICS FOR CONSIDERATION

2.1. Storage, memory and buffers management

- Pixel based scheme vs. frame based scheme
- Allocate stream and intermediate buffers once
- Read data from storage once.
- Free memory in the same scope it was allocated
- Static allocation
- Are x & y really symmetric?
- The size of physical cache and memory
- On hardware implementation – DMA

2.2. Choosing variable types

- Global variables
- Static variables
- Fixed point arithmetic ($Q_{m,n}$ representation)
- Dynamic range

2.3. Run time vs. compilation time

- Templates vs. polymorphism
- Using Lookup tables
- Using constants
- In-Line code

2.4. Effective pointers

- Pointers are more effective than array indexes



- Pre-compute pointers' base address
- Define the pointers' type the same as the object array

2.5. Loops, nested loops and conditions

- Avoid unnecessary or repeated calculations within a loop.
- Avoid function calls
- Loop unrolling
- Reorder nested conditional statements according to their probability in run-time
- Loop blocks wastes less opcodes than conditional statements

2.6. Pre-computed intermediate data and constants

2.7. Macropixels computation

- RGB pixels are 8bit each, while as the CPU calculates at 32bit (or 64)
- Utilize logic and mask operands

2.8. Encapsulated object data types (global variables, image, data stream, etc.)

- Pass by reference (or pointer) - reduces stack size
- Self contained and explanatory

PARALLELIZATION: GPU, OPENMP & MPI

7.1 Task Splitting

- DLP Data Level Parallelism - Splitting up the data
- ILP Instruction Level Parallelism: vector computations - streaming instructions (SSE)
- TLP Thread level parallelism - Multithreading, filters

7.2 Parallelism models

	Single Instruction	Multiple Instruction
Single Data	SISD	MISD



Multiple Data	SIMD	MIMD
---------------	------	------

7.3 Streaming instruction set - SSE (SIMD - Single Instruction, Multiple Data)

7.4 The Memory Bottleneck

- Distributed memory vs. Shared memory
 - Global (shared memory)
 - Distributed memory - NUMA (non uniform memory access)
 - Distributed memory – clusters
 - Latency - infiniband vs. Ethernet
 - Grids
- Cpu/Memory accesses - sharing the memory over several threads
 - Memory access in the CPU
 - Core2
 - north side bus
 - memory channels
 - line activation
 - Core i7

7.5 Parallelization Tools

7.5.1 GPU (Cuda)

- The GPU threading model - host vs. device
- The GPU memory model
- The tools, today and tomorrow - shading languages, cuda and opengl
- Auxillary libraries



Blas on the GPU

FFT on the GPU

7.5.2 OpenMP

- Parallelization on multi core shared memory machines

Data Level Parallelism

Thread Level Parallelism

7.5.3 MPI

- The distributed memory model
- Auxiliary Libraries

Blacs

Scalapack

WRAP UP

8.1 Software tests

- Test application strategy
- Sanity tests
- Use assertions to catch unexpected intermediate values
- Traverse through all the applicative branches
- Use irregular yet legal inputs
- Use more than one test set

8.2 Functional testing

- Against requirements
- Against bench mark set

8.3 Performance measurements

- Time measure
- Memory load

Sagiv Tech Ltd., Eliezer Yaffe 37, Ra'anana 43451, Israel

www.sagivtech.com

The contents of this document is confidential.



9. CAN WE STILL DO BETTER?

- Profiling
- Compiler level optimization

10. OVERVIEW OF AVAILABLE C/C++ LIBRARIES

10.1 Mathematical

10.1.1 Hi Level - vision libraries

- opencv - open source, can be accelerated using IPP
- ITK (insight toolkit) - open source, segmentation and registration

10.1.2 Middle level - image processing libraries

- IPP - Intel performance primitives
- APL - AMD performance library

10.1.3 Low level - Linear algebra

- Lapack/scalapack - solve linear systems (MKL (intel), ACML (amd) , atlas - subset)
- Blas/Blacs - basic linear algebra, matrix/matrix, matrix/vector, vector/vector (MKL (intel), ACML (amd), libgoto (nci), atlas (open source), cuda (nvidia))
- fftw - fft library (opensource, MKL, cuda)

10.2 General

10.2.1 Graphics

- Imagemagick - read/write images
- opencv - display images
- plplot - display images and plots

10.2.2 Data files

- hdf5 - write/read data files to collaborate with matlab

Sagiv Tech Ltd., Eliezer Yaffe 37, Ra'anana 43451, Israel

www.sagivtech.com

The contents of this document is confidential.



11. IMAGE FILES OVERVIEW

- Compression – lossy or lossless
- Macropixels
- Color images formats & handling of Bayer pattern



תכנית הקורסים ל-2011-2012

מקום	תאריכים	הקורס
ת"א	4-6 למרץ 2012	עיבוד תמונה בסיסי
חיפה	14-16 לאוקטובר 2012	עיבוד תמונה בסיסי
ת"א	11-13 למרץ 2012	עיבוד תמונה מתקדם
חיפה	21-23 לאוקטובר 2012	עיבוד תמונה מתקדם
ת"א	3-5 ליוני 2012	עיבוד תמונה ו- Machine Learning
ת"א	קורס של 10 מפגשים שיתחיל בינואר 2012	גאומטריה חישובית
ת"א	8-11 לינואר 2012	CUDA
חיפה	18-21 למרץ 2012	CUDA
ת"א	3-6 ליוני 2012	CUDA
חיפה	2-5 לספטמבר 2012	CUDA
חיפה	12-15 לפברואר 2012	OpenCL
ת"א	29 לאפריל עד 2 למאי 2012	OpenCL
חיפה	15-18 ליולי 2012	OpenCL
ת"א	29 לינואר עד 1 לפברואר 2012	Advanced IP on the GPU
חיפה	9-12 לספטמבר 2012	Advanced IP on the GPU



Sagiv Tech Ltd.

ת"א	קורס של 10 מפגשים החל מחודש ינואר 2012	Optimal Code for Image Processing
חיפה	קורס של 10 מפגשים החל מחודש מאי 2012	Optimal Code for Image Processing

Sagiv Tech Ltd., Eliezer Yaffe 37, Ra'anana 43451, Israel

www.sagivtech.com

The contents of this document is confidential.