

การรับข้อมูลภาพสไลด์โดยใช้อุปกรณ์รับภาพขาวดำ



นาย ประดิษฐ์ ภิญญากาศกุล

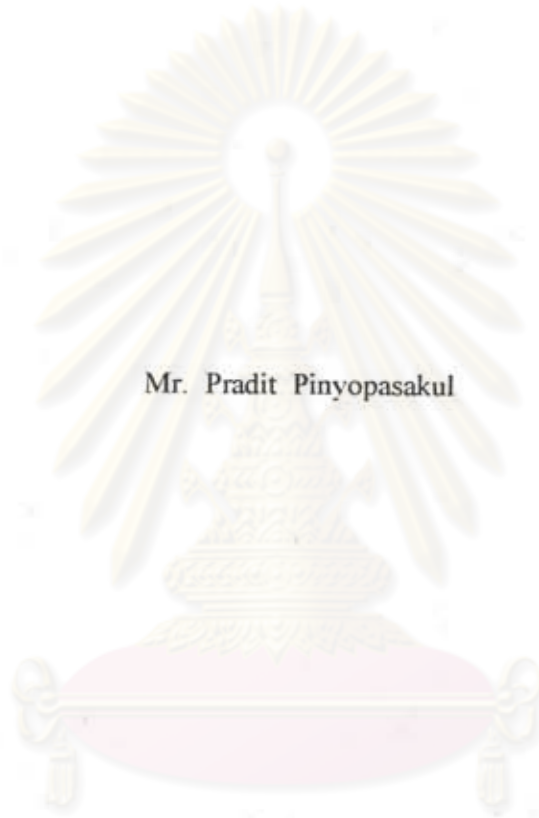
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
 ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
 บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2538

ISBN 974-587-899-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**COLOR IMAGE INPUT
USING A BLACK-AND-WHITE IMAGE INPUT DEVICE**



Mr. Pradit Pinyopasakul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Computer Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University


1995

ISBN 974-587-899-9

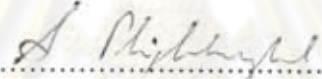
Thesis Title COLOR IMAGE INPUT USING A BLACK-AND-WHITE
 IMAGE INPUT DEVICE
By PRADIT PINYOPASAKUL
Department COMPUTER ENGINEERING
Thesis Advisor NONGLUK COVAVISARUCH, THIT SIRIBOON, Ph.D.

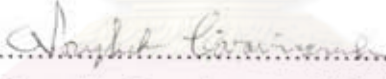



Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree.



..... Dean of Graduate School
(Assoc. Prof. Santi Toongsuwan, Ph.D.)


Thesis Committee


..... Chairman
(Suebskul Phiphobmongkol, Ph.D.)


..... Thesis Advisor
(Nongluk Covavisaruch, M.S. in E.E.)


..... Thesis Co-Advisor
(Thit Siriboon, Ph.D.)


..... Member
(Wiwat Vatanawood, M.Sc.)


..... External Examiner
(Asst. Prof. Suyut Satayaprakorb, M.S. in E.E.)



พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

ประดิษฐ์ ทัศนวิทยาภาพสี : การรับข้อมูลภาพสีโดยใช้อุปกรณ์รับภาพขาวดำ
(COLOR IMAGE INPUT USING A BLACK-AND-WHITE IMAGE INPUT DEVICE)

อ. ที่ปรึกษา : อ. นงลักษณ์ ไควาวิสารัช, อ. ดร. จูดี ศิริบุรณ, 122 หน้า. ISBN 974-587-899-9

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงการนำอุปกรณ์รับภาพขาวดำมาใช้รับภาพสี โดยนำความรู้ในเรื่องระบบสีบวก และ การประมวลผลภาพสี มาประยุกต์ใช้งาน วัตถุประสงค์หลักคือการสร้างภาพสีจากข้อมูลระดับความสว่างของแสงแม่สี 3 สี (แดง เขียว และน้ำเงิน) ซึ่งได้มาจากการรับภาพโดยใช้อุปกรณ์รับภาพขาวดำ ประกอบกับแผ่นกรองแสงแม่สีแต่ละสีคราวละ 1 แผ่น เนื่องจากแผ่นกรองแสงแต่ละแผ่นที่เลือกมาใช้งานมีข้อจำกัดและคุณสมบัติเฉพาะตัวแตกต่างกันไป จึงได้นำวิธีการของการประมวลผลภาพ โดยเฉพาะ การตัดแปรรหัสโคแกรม มาใช้ปรับเทียบข้อมูลก่อนทำการผสมสีเพื่อสร้างภาพสีต่อไป นอกจากนี้ ยังได้ทำการพัฒนาส่วนชุดคำสั่งสำหรับให้ สีเทียม กับภาพขาวดำ และส่วนชุดคำสั่งสำหรับปรับแต่ง ความส่องสว่าง และ ความเปรียบต่าง ของภาพสีขึ้นมาใช้งาน

ในการวิจัยนี้ ส่วนชุดคำสั่ง Black-and-White to Color (BW2COLOR) ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้สร้างภาพสีโดยใช้อุปกรณ์รับภาพขาวดำ ภาพสีผลลัพธ์จะได้มาจากการรับภาพสีต้นฉบับด้วยเครื่องกราฟวิเคราะห์ขาวดำ โดยใช้กระดาษแก้วเป็นแผ่นกรองแสงแม่สี ใช้แผ่นเทียบสีที่มีจำนวนแถบสีเทา 4 แถบในการปรับเทียบข้อมูล และใช้ส่วนชุดคำสั่ง BW2COLOR ในการสร้างภาพสี ในการวัดคุณภาพของภาพสีผลลัพธ์นั้น ได้มีการออกแบบวิธีการวัด และพัฒนาส่วนชุดคำสั่งสำหรับวัดความคลาดเคลื่อนของสี ซึ่งได้นำมาใช้งานในการวิจัยนี้ด้วย สำหรับภาพสีผลลัพธ์ตัวอย่าง 5 ภาพที่ได้มาโดยวิธีที่ออกแบบขึ้นนี้ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับภาพสีที่ได้จากเครื่องกราฟวิเคราะห์สี พบว่าได้ค่าบรรทัดฐานของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (NME) โดยเฉลี่ยของทั้ง 5 ภาพเท่ากับ 20.86% และค่าเปอร์เซ็นต์ของรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนต่อความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (e_{rms}/ME percentage) โดยเฉลี่ยเท่ากับ 107.83%

การวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และได้รับการคัดเลือกให้นำเสนอใน การประชุมวิชาการคอมพิวเตอร์ 2537

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2537

ลายมือชื่อนิสิต Pradit Pinyoprasit
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา Dr. Jit Siriborn
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม Dr. Jit Siriborn

#C618502 : MAJOR COMPUTER ENGINEERING

KEY WORDS BLACK-AND-WHITE IMAGE INPUT DEVICE / COLOR FILTER / COLOR IMAGE / GRAY SCALE IMAGE

PRADIT PINYOPASAKUL : COLOR IMAGE INPUT USING A BLACK-AND-WHITE IMAGE INPUT DEVICE.

THESIS ADVISOR : NONGLUK COVAVISARUCH, THIT SIRIBOON, Ph.D.

122 pp. ISBN 974-587-899-9

This is a study of utilizing a black-and-white (b/w) image input device to obtain any color image by applying the knowledge of *additive color system* and *color image processing*. The main objective was to generate a color image from three sets of intensity data of its primary color components (red, green, and blue -- RGB) which were acquired by capturing color pictures using a b/w image input device with a set of RGB filters applied. The process was performed separately for each filter. Since each selected filter had its own limitation and characteristics, some techniques of image processing, especially *histogram modification*, were then used to calibrate the data before the color mixing was performed. Furthermore, a software tool for assigning *pseudo colors* to a gray scale image and a software tool for adjusting *brightness* and *contrast* of a color image were developed.

This research resulted in a development of Black-and-White to Color (BW2COLOR) software, a software to compose color images with a b/w image input device. The output color images were obtained by capturing color images with a b/w scanner applied with RGB cellophane filters, calibrating data sets with four gray bands on a calibration card, and composing them with the BW2COLOR software. In order to measure the quality of the output color images, a measurement scheme was designed. A software tool to measure color distortions was also developed and used in this research. Five samples of color images resulted from this method were compared to the color images obtained from a color scanner. The results reveal an average normalized mean error (NME) of 20.86% with an average percentage of root mean square error per mean error (e_{rms}/ME percentage) of 107.83%.

This research was supported by National Science and Technology Development Agency. A paper describing this research was published in National Computer Symposium Proceedings, 1994.

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2537

ลายมือชื่อนิสิต Pradit Pinyopasakul

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา Nongluk Covavisaruch

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม Dr. Thit Siriboon



ACKNOWLEDGEMENTS

Firstly, I am most grateful to Ms. Nongluk Covavisaruch, my thesis advisor, for her precious advices and comments on this research. Without her generous support, this study would not have been completed.

I acknowledge here my debt to Mr. Wiwat Vatanawood, Asst. Prof. Dr. Somchai Prasitjutrakul, Dr. Thit Siriboon, Dr. Prabhas Chongstitvatana, and Dr. Boonserm Kitsirikul for their valuable suggestion on this research in Computer Engineering Seminar classes.

My appreciation goes to the National Science and Technology Development Agency (NSTDA) for providing financial support as a postgraduate scholarship.

I would like to pay gratitude to Ms. Jutamas Kapraedee for standing security of NSTDA scholarship for me.

Special thanks go to Mr. Simon Richard Johnson and Dr. Chailerd Pichitpornchai for reading and comments on this thesis.

I also wish to acknowledge Ms. Udomluk Tantbirojn for typing some chapters and drawing many illustrations.

Lastly, but not least, I am most indebted to my mom and dad for their hard work giving me a chance to this success.

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



CONTENTS

	Page
Abstract (Thai)	iv
Abstract (English)	v
Acknowledgements	vi
List of Tables	xi
List of Illustrations	xiii
List of Symbols and Abbreviations	xvii
Chapter	
I. Introduction	1
II. Color Image Theories	9
- Light and Color	9
1. The Human Visual System	10
2. Additive Color System	12
- Color Models	13
1. The RGB Color Model	14
2. The HSV and HLS Color Models	14
3. The YIQ Color Model	19
- Color Image Processing	20
1. Image Inversion	20
2. Color to Gray Level Conversion	21
3. Color Image Enhancement	22
3.1 Brightness Modification	22

CONTENTS (continued)

	Page
3.2 Contrast Modification	23
4. Coloring Gray Scale Images.....	25
4.1 Real Coloring	25
4.2 False Coloring and Pseudo Coloring	26
III. Color Image Generation.....	28
- Color Image Generation by Color Mixing.....	28
1. The Use of RGB Filters	31
1.1 Filter Selection	31
2. The Use of a Calibration Card	32
2.1 Why Using a Calibration Card?	32
2.2 Making a Calibration Card	33
2.3 Using a Calibration Card for Filter Characteristic Detection	35
3. Image Acquisition	43
4. Color Look-Up Table Generation for Output Images	43
4.1 A Fixed Color Look-Up Table.....	44
4.2 Unfixed Color Look-Up Tables	47
5. Color Mixing Process.....	50
- Color Image Generation by Pseudo Coloring	50
1. Transformation Function 1	51
2. Transformation Function 2	54
3. Transformation Function 3	56

CONTENTS (continued)

	Page
4. Example of Applications of the Three Proposed Transformation Functions	58
IV. Black-and-White to Color (BW2COLOR) Software	60
- System Requirements	60
- Tools in BW2COLOR	61
- Output Color Image Generations	62
1. Color Image Generation by Color Mixing	62
1.1 Configuration File Generator (Config)	62
1.2 PCX Mixer (Mixer)	67
2. Pseudo Colorer (Colorer)	69
3. PCX Viewer (Viewer)	71
4. PCX Enhancer (Enhancer)	74
V. Quality Measurement for Color Images and Application in This Research	77
- Color Values to be measured	77
- Measures of Color Distortion	78
- The Test of Five Measures of Color Distortion	80
- Conclusions on Quality Measurement for Color Images	83
- Quality of Output Images from The BW2COLOR Software	84
VI. Conclusions	96
- Suggestions for Further Development	97
References	99

CONTENTS (continued)

	Page
Appendix	
A. PCX Image File Formats	102
- PCX File Structure	102
1. Header	102
2. Bitmap data	104
3. Color Palette	106
- 256-Color PCX	106
- 16-Color PCX with Header Palette	107
B. 256-Color Display on VGA/SVGA Monitors	108
- DAC Registers	109
- 256-Color Display on VGA Monitors	109
- 256-Color Display on SVGA Monitors	111
C. A Paper Published in National Computer Symposium 1994 Proceedings	113
Biography	122

LIST OF TABLES

Table		Page
3.1	The result from the filter selection process	32
3.2	The result from the test of the first color calibration card	40
3.3	The result from the test of the second color calibration card	40
3.4	The resulting characteristic values of a set of acrylic glass filters	41
3.5	The fixed LUT used in the BW2COLOR software	45
3.6	The colors applied to the transformation function 1	52
3.7	R, G, and B functions of the transformation function 1	52
3.8	The colors applied to the transformation function 2	55
3.9	R, G, and B functions of the transformation function 2	55
3.10	The colors applied to the transformation function 3	56
3.11	R, G, and B functions of the transformation function 3	57
4.1	Size of extended display RAM on a VGA/SVGA adapter required for each resolution	72
5.1	Reference image: White, Distorted image: Red	80
5.2	Reference image: White, Distorted image: Cyan	80
5.3	Reference image: Red, Distorted image: Green	80
5.4	Reference image: Red, Distorted image: Cyan	81
5.5	Reference image: Cyan, Distorted image: Magenta	81
5.6	NME (R)	88
5.7	NME (G)	88
5.8	NME (B)	89
5.9	NME (H)	89
5.10	NME (S)	89

LIST OF TABLES (continued)

	Page
5.11 NME (Y)	90
5.12 NME (RGB)	90
5.13 Average NME values	90
5.14 NME (R) when light red cellophane is applied	93
5.15 NME (G) when light red cellophane is applied	93
5.16 NME (B) when light red cellophane is applied	93
5.17 NME (H) when light red cellophane is applied	94
5.18 NME (S) when light red cellophane is applied	94
5.19 NME (Y) when light red cellophane is applied	94
5.20 NME (RGB) when light red cellophane is applied	94
5.21 Average NME when light red cellophane is applied	94
A.1 Structure of PCX file header	103
A.2 Interpretation of PCX data	104

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF ILLUSTRATIONS

Figure	Page
1.1 Operation of the prototype system	5
1.2 Comparisons of the images obtained by a color image input device to those obtained by a b/w image input device	6
2.1 The visible spectrum of electromagnetic spectrum	9
2.2 A simplified cross section diagram of a human eye	10
2.3 Primary colors of the additive color system	12
2.4 CIE Standard Observer curve	13
2.5 The RGB color model	14
2.6 The HSV and HLS color models	15
2.7 RGB cube viewed along the main diagonal	15
2.8 The CMY color model	20
2.9 Increasing brightness by 30%	22
2.10 Increasing contrast by 60%	24
2.11 Decreasing contrast by 40%	24
2.12 Increasing contrast by 20%	25
3.1 Procedures to get a color image by color mixing	30
3.2 A calibration card	34
3.3 The images of a calibration card with 10° inclination	36
3.4 The areas on a band of a calibration card of which gray level are to be calculated	36
3.5 Linear interpolation to transform gray levels backward to the intensities of each primary color on a source color picture	37

LIST OF ILLUSTRATIONS (continued)

	Page
3.6 Reduction of error in approximation of curve to straight line when the curve is divided into more intervals	38
3.7 The error in an image of calibration card applied with a blue filter which are caused by the round-off error of DeskScan II Version 1.51	39
3.8 The use of an LUT in 256-color mode of a VGA monitor	43
3.9 Color mixing process	50
3.10 Graph of the transformation function 1	53
3.11 Graph of the transformation function 2	55
3.12 Graph of the transformation function 3	57
3.13 Sample applications on an X-ray images	58
3.14 Sample applications on a paint image	59
4.1 File specification input with default value	63
4.2 File selection via file list when the file specification contains wildcard character(s)	63
4.3 The name of the file selected is shown on the Parameter Window	64
4.4 A direct file specification, with no wildcard character	64
4.5 The Execute menu item will be activated after all the parameters required have been specified	65
4.6 The output screen after the Config tool has been executed and a Filter Characteristic File has been generated	65
4.7 The Mixer menu	67
4.8 Selecting the type of LUT to be applied to the output image	68
4.9 The output screen after the Mixer process has been done	69

LIST OF ILLUSTRATIONS (continued)

	Page
4.10 The Colorer menu	70
4.11 Selecting the pseudo coloring function to be applied	70
4.12 An image before pseudo colored	71
4.13 An image after pseudo colored	71
4.14 The Viewer menu	71
4.15 Selecting the display resolution	72
4.16 An image displayed in normal mode	73
4.17 An image displayed in negative mode	73
4.18 An image displayed in gray scale	73
4.19 The Enhancer menu	74
4.20 The original image before enhancement	76
4.21 The image with brightness changed to +30%	76
4.22 The image with +30% brightness change and +100% contrast change ...	76
4.23 The image with 0% brightness change and +100% contrast change	76
4.24 The image with +27% brightness change and +100% contrast change ...	76
5.1 RGB vector	78
5.2 Image 1	85
5.3 Image 2	86
5.4 Image 3	86
5.5 Image 4	87
5.6 Image 5	87
5.7 Average NME (R)	91
5.8 Average NME (G)	91

LIST OF ILLUSTRATIONS (continued)

	Page
5.9 Average NME (B)	91
5.10 Average NME (H)	91
5.11 Average NME (S)	92
5.12 Average NME (Y)	92
5.13 Average NME (RGB)	92
A.1 The procedure for unpacking one line of a PCX file	105
B.1 256-color display in mode 19 (13h)	110
B.2 Reading/writing a byte from/to display memory of a SVGA monitor	111



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF SYMBOLS AND ACRONYMS

Term	Description
B	Blue, a component of RGB color model
BGI	Borland Graphics device Interface (Borland is a company)
b/w	Black-and-White
BW2COLOR	Black-and-White to Color, a software developed in this research
CIE	Commission Internationale de l'Éclairage
cm	centimeter
CRT	Cathode Ray Tube
DAC	Digital to Analog Converter, works as a LUT on VGA/SVGA card
DOS	Disk Operating System
dpi	Dots Per Inch
e_{rms}	Root Mean Square Error
G	Green, a component of RGB color model
GUI	Graphical User Interface
H	Hue, a component of HSV (HSB) and HLS color models
HP	Hewlett-Packard, a brand name
HSB	a color model with (Hue, Saturation, Brightness) coordinate, usually called HSV, with V for Value of brightness
HSV	a color model with (Hue, Saturation, Value of brightness) coordinate, also called HSB, with B for Brightness
LUT	Color Look-Up Table
MB	Megabyte, equal to 1,048,576 bytes of storage
ME	Mean Error
NA	Not Available

LIST OF SYMBOLS AND ACRONYMS (continued)

Term	Description
nm	nanometer
NME	Normalized Mean Error
NMSE	Normalized Mean Square Error
NTSC	National Television Standard Committee
PCX	an image file format with run-length encoding/compression, developed by ZSoft Corporation
pixel	picture element, point of a display whose color or brightness can be controlled
R	Red, a component of RGB color model
RAM	Random Access Memory
RGB	a color model with (Red, Green, Blue) coordinate
RGB	a vector in RGB color space
 RGB 	magnitude of an RGB vector
S	Saturation, a component of HSV (HSB) and HLS color models
SVGA	Super Video Graphics Array, a kind of display adapter/monitor
V	Value of brightness, a component of HSV color model
Var	Variance
VESA	Video Electronics Standard Association
VGA	Video Graphics Array, a kind of display adapter/monitor
YIQ	a color model with (Y, I, Q) coordinate, used in television broadcasting