



# NECTEC Technical Journal

วารสารวิชาการเนคเทค ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 เดือนมีนาคม 2542 Vol 1, No. 1, March 1999

ISSN 1513-2145

## 1 Preface from director of NECTEC

### Full Paper

## 2 ตำราการใช้คอมพิวเตอร์ในสถาบันการศึกษา ประสพสุข หอมหวล และ ครรชิต มัลัยวงศ์

## 12 Robust Stabilization of State Delayed System *Suthee Phoojauenchanchai, Kamol Uahchinkul, and Yothin Prempraneerach*

## 19 Combining Trigram and Winnow in Thai OCR Error Correction *Surapant Meknavin, Boonserm Kijirikul, Ananlada Chotimongkol, and Cholwich Nuttee*

## 27 การปรับระบบการเข้ารหัสและถอดรหัสวีดีโอภาพมาตรฐาน H.261 ให้เหมาะสมโดยการเลือก อัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพสูง เทอดศักดิ์ ชนกิยประภา และ ไกรสิน ส่วงวัฒนา

## 34 Information Security on NECTEC Managment Information System *Banchong Harangsri et. al.*

### Short Paper

## 41 Inproved Mixed Thai & English OCR using Two-step Neural Net Classification *Chularat Tanprasert, Wasin sinthupinyo, Premnath Dubey, and Thitipong Tanprasert*

## 47 Letter

# PREFACE

---

---

Over a decade since National Electronics and Computer Technology Center (NECTEC) was found, researchers in NECTEC publishes numerous articles, technical reports, papers, etc. However, most of them were published abroad. Though Thailand began to host several "technical" conferences from time-to-time, there is no stage that regularly welcome researchers to present their works. Though technical journals are available at bookstand, they offer articles that address commercial products rather than basic research work.

The situation calls for a "credible" technical journal for Thailand. The intention is not merely for NECTEC researchers to present their work, but for any other technical researchers to present their work as well. Some papers from journals and proceedings that may benefit Thai society and Thai research community are welcome to be reprinted here.

Research can prosper only when knowledge are shared. I hope this new NECTEC Technical journal serves as one of the basic foundation for that foster such prosperity.

Thaweesak Koanantakool  
Director of NECTEC

---

---

## การสำรวจการใช้คอมพิวเตอร์ในสถาบันการศึกษา Survey on Computer Usage in Educational Institutes

ประสพสุข หอมหวล

อาจารย์และอดีตคณบดี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

กรรขิต มัลย์วงศ์

ผู้อำนวยการศูนย์บริการสารสนเทศทางเทคโนโลยี

**ABSTRACT** -- This paper presents a survey on computer and the internet usage in both governmental and private universities. Questionnaires were sent to the university administrators in the levels of department head, office head, associate dean and dean of 24 governmental universities and of 15 private universities. 46.7% of these questionnaires have been returned.

The results of the survey show that both governmental and private universities have highly supported their personnel and students to utilize computer and the internet. There have been encouragement to increase the number of available computers both at the universities and at home. The three major applications of computers and the internet in universities are registration and grade verification, instructing, and library systems. To the instructors, the important internet activities are email, reading news, and researching for class materials. Problem sited on the use of the internet are network malfunctioning, slow data transfer, and inadequate number of available computers.

**Keywords** -- Computer and the Internet Usage, Questionnaire

**บทคัดย่อ**-- บทความนี้นำเสนอผลการสำรวจการใช้คอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ตในมหาวิทยาลัยของรัฐและเอกชนในช่วงปลายปี 2541 การสำรวจใช้วิธีการส่งแบบสอบถามไปให้ผู้บริหารในระดับหัวหน้าภาควิชา หัวหน้าสำนักงาน รองคณบดี และคณบดีในมหาวิทยาลัยของรัฐ 24 แห่ง และมหาวิทยาลัยเอกชน 15 แห่ง และได้รับคำตอบกลับคืน 46.7%

ผลของการสำรวจพบว่า มหาวิทยาลัยทั้งภาครัฐและเอกชนได้สนับสนุนให้บุคลากรและนักศึกษาของมหาวิทยาลัยใช้คอมพิวเตอร์และระบบอินเทอร์เน็ตอย่างกว้างขวาง มีการสนับสนุนให้มีคอมพิวเตอร์ทั้งในมหาวิทยาลัยและที่บ้าน การประยุกต์คอมพิวเตอร์ที่มีความสำคัญ 3 ลำดับในสถาบันอุดมศึกษา คือ การลงทะเบียนและตรวจสอบระดับคะแนน การเรียนการสอน และงานห้องสมุด ส่วนลำดับความสำคัญในการประยุกต์อินเทอร์เน็ตของอาจารย์คือ การส่งไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ การติดตามข่าวสารเทคโนโลยี และการค้นคว้าเรื่องงานสอน ปัญหาอุปสรรคสำคัญในการใช้อินเทอร์เน็ตคือ ระบบเครือข่ายขัดข้องบ่อยครั้ง ระบบอินเทอร์เน็ตทำงานช้า และจำนวนคอมพิวเตอร์ไม่พอใช้

**คำสำคัญ** -- การใช้คอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ต, แบบสอบถาม

การใช้คอมพิวเตอร์ในสถาบันการศึกษาระดับสูงนั้น มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเรียนการสอนและระบบการศึกษาของประเทศ เป็นที่ทราบดีอยู่แล้วว่า การศึกษาทุกระดับในปัจจุบันนี้ จำเป็นจะต้องอาศัยอุปกรณ์คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือ ทั้งในด้านการเรียนการสอน การค้นหาความรู้ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต การฝึกปฏิบัติกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การใช้เป็นเครื่องมือในการบริหารฯ ไม่มีสถาบันการศึกษาระดับสูงแห่งใด จะสามารถปฏิเสธการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ หรือไม่ยอมใช้คอมพิวเตอร์ได้ เพราะถ้าทำเช่นนั้นก็จะเท่ากับสถาบันกำลังปฏิเสธอนาคต และเลิกสนใจที่จะก้าวไปสู่ความเป็นเลิศ

มหาวิทยาลัยแห่งแรกของไทยที่ติดตั้งคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการเรียนการสอนคือ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยติดตั้งที่คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี คอมพิวเตอร์เครื่องแรกที่ติดตั้งคือ IBM 1620 ซึ่งเป็นคอมพิวเตอร์ รุ่นที่ 2 ที่มีสมรรถนะไม่มากนัก วัตถุประสงค์หลักของการติดตั้งก็คือใช้ในการเรียนการสอนวิชาด้านสถิติ และให้นักศึกษาปริญญาโทของบัณฑิตวิทยาลัย วิศวกรรมศาสตร์ สปอ. ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ ต่อมาได้เปลี่ยนเป็นสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย หรือ AIT และออกจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยไป

เมื่อตั้ง AIT ขึ้นแล้ว ผู้บริหารได้เช่าเครื่อง IBM 1130 ซึ่งจัดว่าเป็นคอมพิวเตอร์ รุ่นที่ 3 มาให้นักศึกษาใช้แทนการไปใช้ของจุฬาฯ และสถาบันยังใช้เครื่องนี้ในการลงทะเบียนนักศึกษา การบริหาร และงานห้องสมุดด้วย บรรณารักษ์ของ AIT ในช่วงปี 2511 เป็นผู้สนใจใช้คอมพิวเตอร์ในงานห้องสมุดมาก และได้เผยแพร่ความรู้ในการประยุกต์คอมพิวเตอร์แก่ภาควิชาบรรณารักษศาสตร์ของมหาวิทยาลัยอีกหลายแห่ง

ในช่วงต้นนี้การใช้คอมพิวเตอร์ในมหาวิทยาลัยต่าง ๆ มีค่อนข้างน้อย เพราะคอมพิวเตอร์ราคาแพง ผู้เชี่ยวชาญยังมีน้อย อีกทั้งการจัดซื้อจัดหาคอมพิวเตอร์มาใช้ก็เข้มงวด อย่างไรก็ตามผู้บริหารและอาจารย์ตามมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ก็พยายามดำเนินการจัดซื้อจัดหาคอมพิวเตอร์มาใช้อย่างต่อเนื่อง โดยในระยะแรกก็ได้เครื่องระดับมินิคอมพิวเตอร์ติดตั้งในหลายมหาวิทยาลัยบางแห่งติดตั้งและเปิดเป็นศูนย์คอมพิวเตอร์ และบางแห่งก็เป็นสำนักบริการคอมพิวเตอร์จนกระทั่งเมื่อไม่กี่ปีคอมพิวเตอร์แพร่หลายและราคาย่อมเยาลงมากแล้ว มหาวิทยาลัยทุกแห่งจึงจัดซื้อจัดหาคอมพิวเตอร์มาใช้มากขึ้น นอกจากนั้นยังกระจายการใช้งานลงไปสู่คณะวิชาภาควิชา และในแผนกต่าง ๆ มากขึ้น

บทความนี้นำเสนอผลการสำรวจการใช้คอมพิวเตอร์ของมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ทั้งในภาครัฐและเอกชน โดยมุ่งสำรวจความคิดเห็นของอาจารย์ระดับหัวหน้าภาควิชา/คณบดี และรองอธิการบดี การสำรวจใช้แบบสอบถามจำนวน 780 ชุด ส่งไปยังสถาบันอุดมศึกษาของรัฐและเอกชนในสังกัดทบวงมหาวิทยาลัย จำนวน 39 แห่ง ๆ ละ 20 ชุด และได้รับแบบสอบถามคืน 364 ชุด คิดเป็น 46.7% โดยมีรายละเอียดดังนี้

สถาบันของรัฐส่งไป 480 ชุด ได้กลับคืน 210 ชุด คิดเป็น 43.75 %

สถาบันเอกชนส่งไป 300 ชุด ได้กลับคืน 154 ชุด คิดเป็น 51.33 %

ผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามส่วนบุคคลและประเภทสถาบันมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** ร้อยละของผู้ตอบ จำแนกตามคุณสมบัติส่วนบุคคลและประเภทสถาบัน

คุณสมบัติ		ประเภทของสถาบัน		รวมทั้ง 2 ประเภท
		รัฐ	เอกชน	
เพศ	ชาย	63.8	61.0	62.6
	หญิง	36.2	39.0	37.4
รวม		100(207)	100(154)	100(361)
อายุ (ปี) < 36		8.7	30.1	17.8
36-40		11.2	24.2	16.7
41-45		28.6	21.6	25.6
≥ 46		51.5	24.2	39.8
รวม		100(206)	100(153)	100(359)
การศึกษาสูงสุด				
ปริญญาตรี		6.3	12.6	8.9
ปริญญาโทหรือเทียบเท่า		53.6	66.2	58.9
ปริญญาเอก		40.1	21.2	32.1
รวม		100(207)	100(151)	100(358)
ตำแหน่งงาน				
คณบดี/รองคณบดี		41.2	24.3	34.0
ผู้อำนวยการสำนัก/ศูนย์		17.6	23.0	19.9
หัวหน้าภาควิชา/สาขาวิชา		24.6	33.1	28.2
หัวหน้าแผนก		16.6	19.6	17.9
รวม		100(199)	100(148)	100(347)
ระยะเวลาที่ทำงานในสถาบัน				
0-5 ปี		19.0	52.3	33.2
5-10 ปี		10.2	24.2	16.2
11-16 ปี		20.0	17.6	19.0
17-22 ปี		28.8	4.6	18.4
> 22 ปี		22.0	1.3	13.1
รวม		100(205)	100(153)	100(358)
ระยะเวลาที่ดำรงตำแหน่งนี้				
0-1 ปี		29.5	35.6	32.1
2-3 ปี		39.0	35.6	37.6
4-5 ปี		17.5	12.3	15.3
6-7 ปี		6.0	7.5	6.6
8-9 ปี		3.0	2.1	2.6
10 ปีขึ้นไป		5.0	6.8	5.8
รวม		100(200)	100(146)	100(346)

หมายเหตุ ค่าในวงเล็บหมายถึง จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด

ปัจจุบันการใช้คอมพิวเตอร์ในหน่วยงานต่างๆ มีแนวโน้มที่เป็นไปในทางการกระจายเครื่องคอมพิวเตอร์ไปให้บุคลากรระดับบริหารและระดับวิชาชีพมีใช้มากขึ้นในการสำรวจนี้พบว่า

มหาวิทยาลัยมีการกระจายคอมพิวเตอร์ไปยังผู้บริหาร อาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษาดังปรากฏในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนผู้ใช้คอมพิวเตอร์โดยเฉลี่ยต่อเครื่อง จำแนกตามประเภทบุคลากรและสถาบัน

ประเภทสถาบัน	ประเภทบุคลากร			
	ผู้บริหาร	อาจารย์	เจ้าหน้าที่	นักศึกษา
รัฐ	1.58	4.04	3.01	22.57
เอกชน	1.27	5.34	2.15	17.51
รวม	1.4	4.6	2.6	20.7

ขอให้สังเกตว่า จำนวนอาจารย์ต่อเครื่องคอมพิวเตอร์สูงกว่าจำนวนเจ้าหน้าที่ในแผนกและสำนัก ส่วนหนึ่งอาจเป็นเพราะมหาวิทยาลัยเน้นการใช้คอมพิวเตอร์ในการปฏิบัติงานมากขึ้น การสำรวจนี้ไม่ได้สอบถามว่าอาจารย์จัดหาคอมพิวเตอร์มาใช้ด้วยตนเอง

ในด้านการจัดหาคอมพิวเตอร์รวมเครื่องปลายทางให้อาจารย์ เจ้าหน้าที่และผู้บริหารใช้นั้นพบว่ามีความแตกต่างกันไป กล่าวคือหลายสถาบันมีคอมพิวเตอร์ให้ใช้ในห้องทำงานรวมบ้าง ใช้บนโต๊ะทำงานของแต่ละคนบ้าง รวมทั้งจัดเป็นห้องให้ใช้เป็นส่วนกลางบ้าง ดังปรากฏในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ร้อยละของการสนับสนุนให้บุคลากรใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำงานจำแนกตามประเภทสถาบัน

ประเภทสถาบัน	การสนับสนุนให้ใช้คอมพิวเตอร์ที่ทำงาน			
	โต๊ะทำงาน	ส่วนกลาง	ห้องพัก	อื่น ๆ
รัฐ	63.5	74.5	61.8	17.9
เอกชน	59.6	60.3	61.6	13.9

หมายเหตุ ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ

การมีคอมพิวเตอร์ใช้ที่บ้านเป็นเรื่องจำเป็นมากขึ้นสำหรับอาจารย์ทุกวันนี้ ดังนั้นจึงได้สอบถามว่าสถาบันต่างๆ ได้มีการสนับสนุนให้มีอาจารย์มีคอมพิวเตอร์ใช้ที่บ้านมากน้อยเพียงใด ผลการสำรวจพบว่าสถาบันของรัฐให้การสนับสนุนในเรื่องนี้มากกว่าสถาบันของเอกชน ดังปรากฏในตารางที่ 4

การประยุกต์คอมพิวเตอร์ในสถาบันการศึกษา มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างต่อเนื่องตามเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นใหม่ ๆ ยกตัวอย่างเช่น ในช่วงที่ติดตั้งคอมพิวเตอร์เครื่องแรกที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยนั้น การประยุกต์ส่วนมากเป็นงานคำนวณสถิติขนาดเล็ก และงานวิจัยที่มีการคำนวณไม่ซับซ้อนมากนัก งานด้านการสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วยหรือ CAI นั้นไม่มีเลย แต่ปัจจุบัน การประยุกต์คอมพิวเตอร์ในด้านการ

ศึกษาได้ก้าวหน้าไปมาก และทัศนะของผู้ตอบ  
แบบสอบถาม ในมหาวิทยาลัยของรัฐและเอกชน

ก็ต่างกัน ดังปรากฏในตารางที่ 5 และ 6 ส่วน  
ภาพรวมของทั้งหมดปรากฏในตารางที่ 7

ตารางที่ 4 ร้อยละของผู้ตอบเกี่ยวกับการสนับสนุนให้มีเครื่องคอมพิวเตอร์ที่บ้าน จำแนกตามประเภทสถาบัน

ประเภทสถาบัน	มีคิด ดอกเบี้ยย	มีไม่คิด ดอกเบี้ยย	มี/จัดซื้อให้ แล้วผ่อนชำระ	ไม่มี	อื่น ๆ	รวม
รัฐ	21.6	24	11.1	39.9	10.6	
เอกชน	4.6	23.8	4	57.0	11.3	

หมายเหตุ ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ

ตารางที่ 5 ดัชนีแสดงอันดับความสำคัญของการใช้คอมพิวเตอร์ในงานต่าง ๆ ของสถาบันรัฐ

เรื่อง	อันดับความสำคัญ				
	1	2	3	อื่น ๆ(4) ดัชนี	
การเรียนการสอน	0.27	0.10	0.11	0.52	2.88
การวิจัย	0.05	0.16	0.08	0.71	3.45
ห้องสมุด	0.09	0.23	0.18	0.50	3.09
การลงทะเบียน	0.14	0.07	0.11	0.68	3.33
การบัญชีงบประมาณ	0.07	0.07	0.14	0.72	3.51
งานบุคลากร	0.05	0.08	0.09	0.78	3.60
งานพัสดุ	0.03	0.03	0.05	0.89	3.80
งานห้องปฏิบัติการต่าง ๆ	0.07	0.05	0.04	0.84	3.65
การเรียนรู้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	0.16	0.13	0.11	0.60	3.15
ประชาสัมพันธ์	0.02	0.06	0.06	0.86	3.76
อื่น ๆ	0.06	0.02	0.03	0.89	3.75

จากดัชนีดังกล่าว แสดงให้เห็นว่า  
สถาบันของรัฐ ใช้คอมพิวเตอร์ดังนี้

- งานการเรียนการสอนเป็นอันดับที่หนึ่ง
- งานห้องสมุดเป็นอันดับที่สอง
- การเรียนรู้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็น  
อันดับที่สาม

- การลงทะเบียนเช็คเกรดเป็นอันดับที่สี่
- งานวิจัยเป็นอันดับที่ห้า
- ลำดับความสำคัญกับงานต่าง ๆ แสดงใน  
ตาราง โดยมีงานพัสดุเป็นลำดับสุดท้าย

**ตารางที่ 6** ดัชนีแสดงอันดับความสำคัญของการใช้คอมพิวเตอร์ในงานต่าง ๆ ของสถาบันเอกชน

เรื่อง	อันดับความสำคัญ				ดัชนี
	1	2	3	อื่น ๆ	
การเรียนการสอน	0.20	0.09	0.12	0.59	3.10
การวิจัย	0.00	0.03	0.06	0.91	3.88
ห้องสมุด	0.05	0.17	0.20	0.58	3.31
การลงทะเบียน	0.35	0.21	0.11	0.33	2.42
การบัญชีงบประมาณ	0.02	0.09	0.09	0.80	3.67
งานบุคลากร	0.03	0.07	0.10	0.80	3.67
งานพัสดุ	0.00	0.02	0.06	0.92	3.90
งานห้องปฏิบัติการต่าง ๆ	0.16	0.16	0.10	0.58	3.10
การเรียนรู้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	0.13	0.11	0.11	0.65	3.28
ประชาสัมพันธ์	0.02	0.05	0.06	0.87	3.78
อื่น ๆ	0.03	0.00	0.00	0.97	3.91

ดัชนีที่แสดงในตารางนี้ ทำให้ทราบว่า

สถาบันของเอกชนใช้คอมพิวเตอร์ดังนี้

- งานลงทะเบียน/เช็คเกรดเป็นอันดับหนึ่ง
- งานการเรียนการสอน
- งานห้องปฏิบัติการต่าง ๆ
- การเรียนรู้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นอันดับที่สาม

เป็นอันดับที่สอง

- งานห้องสมุดเป็นอันดับที่สี่
- งานบุคลากร
- งานบัญชีงบประมาณ
- งานพัสดุเป็นงานที่ให้ความสำคัญเป็นอันดับสุดท้าย

เป็นอันดับที่ห้า

**ตารางที่ 7** ดัชนีแสดงอันดับความสำคัญของการใช้คอมพิวเตอร์ในงานต่าง ๆ ของสถาบันอุดมศึกษา

เรื่อง	อันดับความสำคัญ				ดัชนี
	1	2	3	อื่น ๆ	
การเรียนการสอน	0.24	0.10	0.11	0.55	2.97
การวิจัย	0.03	0.11	0.07	0.79	3.62
ห้องสมุด	0.07	0.21	0.18	0.54	3.19
การลงทะเบียน	0.23	0.13	0.11	0.53	2.94
การบัญชีงบประมาณ	0.05	0.08	0.12	0.75	3.57
งานบุคลากร	0.04	0.08	0.09	0.79	3.63
งานพัสดุ	0.02	0.03	0.06	0.89	3.82
งานห้องปฏิบัติการต่าง ๆ	0.11	0.10	0.07	0.72	3.40
การเรียนรู้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	0.14	0.12	0.11	0.63	3.23
ประชาสัมพันธ์	0.02	0.05	0.06	0.87	3.78
อื่น ๆ	0.05	0.00	0.00	0.97	3.91



ดัชนีรวมของสถาบันอุดมศึกษาทั้งของ  
รัฐและเอกชน พบว่าการใช้คอมพิวเตอร์ในงานที่  
จัดอันดับความสำคัญดังนี้

- การลงทะเบียน/เช็คเกรด เป็นอันดับที่หนึ่ง
- งานการเรียนการสอนเป็นอันดับที่สอง
- งานห้องสมุดเป็นอันดับที่สาม
- การเรียนรู้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็น  
อันดับที่สี่
- งานห้องปฏิบัติการต่าง ๆ เป็นอันดับห้า

- ส่วนงานที่ให้ความสำคัญเป็นอันดับสุดท้าย คือ  
งานพัสดุ ซึ่งผลออกมาในลักษณะเดียวกันกับการ  
แยกสถาบันของรัฐและเอกชน

สำหรับตัวผู้ตอบแบบสอบถามเองนั้น  
เมื่อถามว่านำคอมพิวเตอร์ไปใช้ในทางใดบ้าง ได้  
พบคำตอบที่แตกต่างกันบ้างระหว่างอาจารย์ใน  
มหาวิทยาลัยของรัฐและเอกชน ดังปรากฏใน  
ตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ร้อยละของผู้ตอบต่อการใช้คอมพิวเตอร์ในงานต่าง ๆ จำแนกตามประเภทสถาบัน

ประเภทสถาบัน	การใช้คอมพิวเตอร์ในงาน						
	1	2	3	4	5	6	7
รัฐ	87.9	78.7	49.8	85.0	72.0	64.3	6.8
เอกชน	84.3	72.5	41.8	68.6	59.5	46.4	7.2

หมายเหตุ ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ

- |                                |                   |
|--------------------------------|-------------------|
| 1. ค้นหาข้อมูล                 | 8. ประมวลผลข้อมูล |
| 2. การเรียนการสอน              | 9. ใช้ในการบริหาร |
| 3. งานบริหาร เช่นทะเบียน บัญชี | 10. อื่น ๆ        |
| 4. การติดต่อสื่อสาร            |                   |

ในทางด้านอินเทอร์เน็ตซึ่งมีความสำคัญ  
สำหรับการเรียนการสอนและการบริหารงานใน  
มหาวิทยาลัยทั้งของรัฐและเอกชนนั้น การสำรวจ  
ได้พบว่าสถาบันส่วนใหญ่ได้ให้ความสำคัญและ  
พยายามจัดสรรทรัพยากรให้ผู้บริหาร อาจารย์

เจ้าหน้าที่ และนักศึกษาใช้อินเทอร์เน็ตดังปรากฏ  
ในตารางที่ 9 แม้ในตารางนี้จะไม่แสดงตัวเลขของ  
สถาบันของรัฐและเอกชนแยกจากกันแต่การ  
สำรวจพบว่าการให้บริการด้วยอินเทอร์เน็ตของทั้ง  
สองกลุ่มไม่ได้แตกต่างกันในนัยสำคัญแต่อย่างไร

ตารางที่ 9 การจัดสรร Internet สำหรับบุคลากรต่าง ๆ ในสถาบันของรัฐและเอกชน

	ที่ทำงาน		บ้าน		ค่าบริการ	
	มี	ไม่มี	มี	ไม่มี	มี(บาท/ภาค)	ไม่มี
ผู้บริหาร	98.3%	1.7%	61.6%	38.4%	2.5%(300)	97.5%
อาจารย์	97.1%	2.9%	61.2%	38.8%	2.7%(300,600)	97.3%
เจ้าหน้าที่	93.8%	6.2%	49.7%	50.3%	3.2%(300,600)	96.8%
นักศึกษาปริญญาตรี	94.5%	5.5%	44.4%	55.6%	43.7%(100,600)	56.3%
นักศึกษาปริญญาโท	94.3%	5.7%	46.2%	53.8%	50.0%(300,600)	50.0%

การจัดสรรจำนวนชั่วโมงให้ผู้บริหาร  
อาจารย์เจ้าหน้าที่ และนักศึกษาใช้อินเทอร์เน็ต

ของสถาบันของรัฐและเอกชนมี      ดังแสดงใน  
ตารางที่ 10

**ตารางที่ 10** ร้อยละของจำนวนชั่วโมง/เดือนในการใช้อินเทอร์เน็ตที่จัดสรรให้ผู้บริหารจำแนกตามประเภทสถาบัน

บุคลากร	ประเภทสถาบัน	จำนวนชั่วโมง/เดือน						รวม
		10	20	30	60	ไม่จำกัด	อื่น ๆ	
ผู้บริหาร	รัฐ	4.5	2.2	2.2	1.1	86.5	3.4	100
	เอกชน	3.1	1.6	1.6	0.8	89.9	3.1	100
อาจารย์	รัฐ	1.8	2.9	3.5	1.2	86.5	4.1	100
	เอกชน	3.2	2.4	2.4	-	87.1	4.8	100
เจ้าหน้าที่	รัฐ	4.1	1.8	3.0	1.2	85.2	4.7	100
	เอกชน	4.2	5.0	-	-	85.7	5.0	100
นักศึกษา	รัฐ	3.4	4.1	4.8	3.4	77.4	6.8	100
	เอกชน	3.6	4.5	1.8	-	83.0	7.1	100

เมื่อสอบถามว่าผู้ตอบแบบสอบถามใช้  
สิทธิ์ในการใช้อินเทอร์เน็ตตามที่ได้รับมาหรือไม่

ปรากฏว่ามีคำตอบที่น่าสนใจดังตารางที่ 11

**ตารางที่ 11** ร้อยละของการใช้สิทธิ์ในอินเทอร์เน็ต จำแนกตามประเภทสถาบัน

ประเภทสถาบัน	ใช้สิทธิ์เต็มที่	ใช้บ้างพอสมควร	ไม่ใช้เลย	รวม
รัฐ	40.9	54.0	5.1	100
เอกชน	46.0	48.7	5.3	100

ในด้านการใช้งานอินเทอร์เน็ตของผู้ตอบ  
แบบสอบถามนั้นปรากฏว่ามีลักษณะคล้ายคลึงกัน

ระหว่างผู้อยู่ในสถาบันของรัฐและเอกชน ดัง  
ปรากฏในตารางที่ 12

**ตารางที่ 12** ร้อยละของความถี่ในการใช้อินเทอร์เน็ต จำแนกตามประเภทสถาบัน

ประเภทสถาบัน	ทุกวัน	ใช้บ่อยแต่ไม่ทุกวัน	นาน ๆ ครั้ง	ไม่ตอบ	รวม
รัฐ	36.2	43.2	19.1	1.5	100
เอกชน	32.9	38.4	28.8	0.9	100

สำหรับการใช้งานอินเทอร์เน็ตนั้น ผู้ตอบ  
แบบสอบถามทั้งในสถาบันของรัฐและเอกชนเห็น  
ตรงกันว่าใช้เพื่องานจดหมายอิเล็กทรอนิกส์และ

การติดตามข่าวสารเทคโนโลยีมากกว่าการใช้แบบ  
อื่นดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ร้อยละของการใช้อินเทอร์เน็ตในงานต่าง ๆ จำแนกตามประเภทสถาบัน

ประเภทสถาบัน	1	2	3	4	5	6
รัฐ	67.0	55.6	89.4	82.6	47.8	7.7
เอกชน	66.2	35.7	72.1	77.9	33.1	5.8

หมายเหตุ ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ

1. ค้นคว้าเพื่อการสอน
2. งานวิจัย
3. รับส่ง e-mail
4. ติดตามข่าวสารเทคโนโลยี
5. แลกเปลี่ยนข้อมูลกับเพื่อนอาจารย์ระหว่างมหาวิทยาลัย
6. อื่น ๆ

สำหรับปัญหาอุปสรรคในการใช้อินเทอร์เน็ตทั้งที่บ้านและที่ทำงานนั้นมีคำตอบปรากฏในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ร้อยละของปัญหา/อุปสรรคในการใช้อินเทอร์เน็ตที่ทำงาน/บ้าน จำแนกตามประเภทสถาบัน

ประเภทสถาบัน	ปัญหาและอุปสรรค							
	1	2	3	4	5	6	7	8
รัฐ	38.6	26.1	61.4	7.7	3.9	0.5	44.9	14.5
เอกชน	31.2	26.0	53.2	5.2	3.2	0.6	27.9	12.3

หมายเหตุ ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ

1. หมายถึง คอมพิวเตอร์ในสถานศึกษามีจำนวนไม่พอใช้
2. หมายถึง ไม่มีคอมพิวเตอร์ที่บ้าน
3. หมายถึง ระยะเวลา Run Time ในการใช้อินเทอร์เน็ตช้ามากเกินไป
4. หมายถึง เทคโนโลยีซับซ้อนเกินไป และไม่มีคู่มือประกอบการใช้
5. หมายถึง ไม่ชอบอ่านภาษาอังกฤษ
6. หมายถึง ไม่เห็นประโยชน์ที่เห็นได้ชัดจากการใช้
7. หมายถึง ระบบเครือข่ายของมหาวิทยาลัยขัดข้องบ่อยครั้ง
8. หมายถึง อื่น ๆ

**บทส่งท้าย** การสำรวจความคิดเห็นของอาจารย์ระดับผู้บริหารสถาบันอุดมศึกษาในภาครัฐและเอกชนครั้งนี้ ยังเป็นงานสำรวจขั้นต้นเพื่อให้เห็นสถานภาพการประยุกต์คอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ต เท่านั้น ยังมีรายละเอียดอื่น ๆ อีกมากที่จะต้องศึกษาทำความเข้าใจเพื่อจะได้นำมาใช้ปรับปรุงการประยุกต์คอมพิวเตอร์ในสถาบันการศึกษาของไทยให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากขึ้น

**กิตติกรรมประกาศ** การสำรวจนี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัย เพื่อหากรอบในการวางแผนกลยุทธ์ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศสำหรับสถาบันอุดมศึกษา ผู้สนับสนุนให้การสำรวจนี้เป็นไปได้คือมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ซึ่งผู้เขียนขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

# Robust Stabilization of State Delayed System

*Suthee PHOOJARUENCHANACHAI*

*Computer and Automation Technology Laboratory  
 National Electronics and Computer Technology Center*

*Kamol UAHCHINKUL, Yothin PREMPRANEERACH*

*Electrical Electronics and Computer Product Research and Test Center  
 National Electronics and Computer Technology Center*

---

**ABSTRACT** – In this paper, we present a method of stabilizing uncertain time-delay systems. The systems under consideration are described by linear state delayed equation whose coefficient matrices contain norm-bounded time-varying elements. By some matching conditions, we can remove time-varying elements and reform the equation to linear state delayed equation with disturbances. Then we apply a linear transformation technique to reduce the uncertain systems to ones of which nominal systems are of delay-free type. Consequently, we can derive a suitable controller for the perturbed systems, and we will prove that the controller can robustly stabilize the closed-loop systems against perturbation. Finally, control system design for the two tanks chemical reactor with delayed recycle will be illustrated to show applicability of the proposed method.

**KEY WORDS** -- Robust Control, Time-delay System, Control System Design.

---

## 1. INTRODUCTION

It is well known that time delay is frequently a source of instability. On the other hand, it is reasonable to include uncertain parameters and disturbance in practical control systems containing modeling errors, linearization approximations, etc. Therefore, the problem of robust stabilization of state delayed systems with uncertain parameters has received considerable attention of many researchers, and many solution approaches have been proposed [1-6].

In this paper we consider a class of time-delay systems containing uncertain parameters and additive disturbances as in [7]. Determination of controller parameters can be divided into two parts. First, the linear transformation proposed by Fiagbedzi and Pearson [2] [8] is used to transform the original problem into an equivalent one which is easier to solve. Next, by using the well known Lyapunov min-max approach of Gutman [9], a suitable stabilizing control law is derived in the second part. Finally, an example of product stream control of chemical reactor is given.

## 2. PROBLEM FORMULATION

Consider a class of uncertain time-delay systems ( $S_d$ ) which is defined by the following state equations

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) = & [A + \Delta A(t)]x(t) + [A_h + \Delta A_h(t)]x(t-h) \\ & + [B + \Delta B(t)]u(t) + Bw(t) \end{aligned} \quad (1)$$

where  $x \in R^n$  is the current value of the system state,  $u(t) \in R^m$  is control function,  $w(t) \in R^l$  is the additive disturbance.  $A$ ,  $A_h$ ,  $B$  are known constant matrices of appropriate dimensions,  $\Delta A(t)$ ,  $\Delta A_h(t)$ ,  $\Delta B(t)$  are matrices whose elements are continuous, unknown but bounded functions,  $h \in R^+$  is a known constant delay time and let initial function of the system be specified as  $x_0(\eta) \in C_d([-h, 0]; R^n)$  where  $C_d$  denotes the Banach space of continuous vector-valued functions defined on an interval  $[-h, 0]$  taking

values in  $R^n$  with norm:  $\|\varphi\|_d := \sup_{-h \leq \eta \leq 0} \|\varphi(\eta)\|$  where  $\varphi \in C_d([-h, 0]; R^n)$ .

We propose a methods of controller design for stabilizing a uncertain time-delay system.

### 3. ASSUMPTIONS AND TRANSFORMATION TECHNIQUE

#### 3.1 Assumptions

Before proposing our controllers, the following assumptions are made throughout here.

**3.1.1 Assumption 1:** The nominal system of  $(S_d)$ ; i.e., the system  $(S_d)$  which  $\Delta A(t) = \Delta A_h(t) = 0$ ,  $\Delta B(t) = 0$ ,  $w(t) = 0$  are spectrally stabilizable.

**3.1.2 Assumption 2:** For all  $t \in R^+$ , there are exist continuous matrix functions  $H(t)$ ,  $H_h(t)$ , and  $E(t)$  of appropriate dimensions such that

- a)  $\Delta A(t) = BH(t)$ ,
- b)  $\Delta A_h(t) = BH_h(t)$ ,
- c)  $\Delta B(t) = BE(t)$ ,
- d)  $I + \frac{1}{2}(E(t) + E^T(t)) \geq \delta I$  for some scalar  $\delta > 0$ ,
- e) there are scalar  $\mu(x_t)$  and  $\mu_E(t)$  such that

$$\mu(x_t) \geq \|H(t)x(t) + H_h(t)x(t-h) + w(t)\|,$$

and

$$\mu_E(t) \geq \|E(t)\|$$

where  $x_t$  is the restriction function of  $x$  to the interval  $[t-h, t]$  translated to  $[-h, 0]$ ; i.e.,  $x_t \in C_d$  and  $x_t(\eta) = x(t+\eta)$ ,  $-h \leq \eta \leq 0$

Note that if matching conditions defined in Assumption 2 are satisfies, we can rewrite system  $(S_d)$  to the form

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + A_h x(t-h) + B(u(t) + v(t)) \quad (2)$$

where

$$v(t) = H(t)x(t) + H_h(t)x(t-h) + E(t)u(t) + w(t) \quad (3)$$

#### 3.2 Transformation Technique

Consider the linear transformation  $T_c$  defined by

$$\begin{aligned} z(t) &= (T_c(x))(t) \\ &= x(t) + \int_{-h}^0 e^{A_c \theta} A_h x(t-h-\theta) d\theta \end{aligned} \quad (4)$$

where  $A_c \in R^{n \times n}$  is a matrix yet to be defined.

**Proposition 3.1 :** Let the matrix  $A_c$  be defined by

$$A_c = A + e^{-hA_c} A_h \quad (5)$$

and

$$\sigma_u(S_d) \subset \sigma(A_c) \subset \sigma(S_d) \quad (6)$$

where

$$\sigma(S_d) = \{s \in C; \det(sI - A - e^{-hs} A_h) = 0\}$$

and

$$\sigma_u(S_d) = \{s \in \sigma(S_d); \operatorname{Re}(s) \geq 0\},$$

Then,  $\dot{x}(t)$  satisfies eqn. 1 and hence eqn. 2, if and only if  $\dot{z}(t)$  satisfies the system of the form  $(S_o)$

$$\dot{z}(t) = A_c z(t) + B(u(t) + v(t)) \quad (7)$$

Consequently, by this linear transformation, asymptotic stability of  $z(t)$  implies asymptotic stability of  $x(t)$ .

Furthermore, the following properties are true:

- (a)  $(A_c, B)$  is a stabilizable pair,
- (b) if  $\lim_{t \rightarrow \infty} \|z(t)\| = 0$ , then  $\lim_{t \rightarrow \infty} \|x(t)\| = 0$
- (c) if  $\lim_{t \rightarrow \infty} \|z(t)\| \leq k_1$ ,  $\exists k_1 < \infty$ , then  $\lim_{t \rightarrow \infty} \|x(t)\| \leq k_2$ ,  $\exists k_2 < \infty$ ,

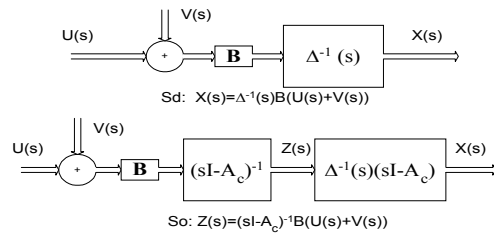


Fig 1. block diagram of  $(S_d)$  and  $(S_o)$

**Proof:**

By using the *Leibniz's formula* [10], it is straightforward to verify that eqn. 2 in conjunction with the transformation eqn. 4 yields eqn. 7; see Appendix (Section 9.1). Property (a) follows from Theorem 3.2 of [8]. To show the property (b) and (c), are obtained using Laplace transform eqn. 4 to obtain, after some rearrangement (see also Fig. 1),

$$X(s) = \Delta^{-1}(s)(sI - A_c)Z(s) + \Delta^{-1}(s)(sI - A_c)\Psi(s) \quad (8)$$

where  $\Delta(s) = [sI - A - e^{-hs} A_h]$ , and

$$\Psi(s) = \int_{-h}^0 e^{A_c \theta} A_h \int_{-(h+\theta)}^0 e^{-s(\tau+h+\theta)} x_0(\tau) d\tau d\theta.$$

Next by setting  $t = \tau + h + \theta$ , Observe that

$$\int_{-(h+\theta)}^0 e^{-s(\tau+h+\theta)} x_0(\tau) d\tau = \int_0^{(h+\theta)} e^{-st} x_0(t-h-\theta) dt$$

Since  $x_0(\tau) = 0$ ,  $\forall \tau \notin [-h, 0]$ , we have

$$\int_{-(h+\theta)}^0 e^{-s(\tau+h+\theta)} x_0(\tau) d\tau = \int_0^\infty e^{-st} x_0(t-h-\theta) dt$$

$$= L\{x_0(t-h-\theta)\}.$$

This implies that

$$\begin{aligned}\psi(t) &= L^{-1}\{\Psi(s)\} \\ &= L^{-1}\left\{\int_{-h}^0 e^{A_c\theta} A_h L\{x_0(t-h-\theta)\}d\theta\right\} \\ &= \int_{-h}^0 e^{A_c\theta} A_h x_0(t-h-\theta)d\theta\end{aligned}$$

and hence,

$$\psi(t) = 0, \quad \forall t > h.$$

Note here that eqn. 6 implies that all eigenvalues of the transfer function  $\Delta^{-1}(s)(sI - A_c)$  are stable. Consequently, it can be verified that

$$\begin{aligned}\lim_{t \rightarrow \infty} \|x(t)\| &\leq \lim_{t \rightarrow \infty} \|L^{-1}\{\Delta^{-1}(s)(sI - A_c)Z(s)\}(t)\| \\ &\quad + \lim_{t \rightarrow \infty} \|L^{-1}\{\Delta^{-1}(s)(sI - A_c)\Psi(s)\}(t)\| \\ &= \lim_{t \rightarrow \infty} \|L^{-1}\{\Delta^{-1}(s)(sI - A_c)Z(s)\}(t)\|.\end{aligned}$$

The above analysis imply that  $\psi(t)$  does not influence stability of  $x(t)$  and it can be verified that stability of  $z(t)$  implies asymptotic stability of  $x(t)$ .

#### 4. CONTROLLER DESIGN

**Theorem 4.1** : Suppose there exists a transformation satisfying the hypothesis of proposition 3.1. Then, for given  $Q > 0$ , there exist a positive definite solution  $P$  to the Riccati equation

$$A_c^T P + P A_c - P B B^T P + Q = 0 \quad (9)$$

Furthermore, a stabilizing control law is given by

$$u(t) = u_L(t) + u_N(t) \quad (10)$$

where

$$u_L(t) = -\frac{1}{2} B^T P z(t) \quad (11)$$

and

$$u_N(t) = -\frac{\rho^2(x_t) B^T P z(t)}{\delta(\rho(x_t)) \|B^T P z(t)\| + e^{-\phi t}} \quad (12)$$

where the nonlinear gain

$$\rho(x_t) = \mu_E \|u_L(t)\| + \mu(x_t), \quad (13)$$

and  $\phi \in R^+$  and  $\delta$  is the positive scalar defined in Assumption 2-d.

Proof:

First, we take the positive definite function

$$V_z(t) = z^T(t) P z(t) \quad (14)$$

as Lyapunov function candidate for the system (eqn. 7) with control (eqn. 10). Applying with the Riccati equation, the following is obtained of the derivative of  $V_z$  :

$$\dot{V}_z = -z^T(t) [A_c^T P + P A_c] z(t) + 2z^T(t) P B(u(t) + v(t))$$

By using Control law (10), it can be verified that

$$\dot{V}_z(t) \leq -z^T(t) Q z(t) + 2e^{-\phi t}$$

then we have

$$\lambda_{\min}(P) \|z(t)\|^2 \leq V_z(t) \leq \lambda_{\max}(P) \|z(t)\|^2$$

and

$$\dot{V}_z(t) \leq -\lambda_{\min}(Q) \|z(t)\|^2 + 2e^{-\phi t}.$$

Next, observe that

$$\dot{V}_z(t) \leq -\lambda V_z(t) + 2e^{-\phi t}$$

where

$$\lambda = \frac{\lambda_{\min}(Q)}{\lambda_{\max}(P)}.$$

Now, let

$$s(t) := \dot{V}_z(t) + \lambda V_z(t) - 2e^{-\phi t}$$

then we have

$$s(t) \leq 0$$

and

$$\dot{V}_z(t) = s(t) - \lambda V_z(t) + 2e^{-\phi t}$$

So it can be verified that

$$\begin{aligned}V_z(t) &= V_z(0)e^{-\lambda t} + e^{-\lambda t} \int_0^t e^{\lambda t} [s(t) + 2e^{-\phi t}] dt \\ &\leq V_z(0)e^{-\lambda t} + 2e^{-\lambda t} \int_0^t e^{\lambda t} e^{-\phi t} dt \\ &= V_z(0)e^{-\lambda t} + 2e^{-\lambda t} \left[ \frac{e^{t(\lambda-\phi)} - 1}{(\lambda-\phi)} \right]\end{aligned}$$

Consequently,

$$\|z(t)\|^2 \leq \frac{V_z(0)e^{-\lambda t}}{\lambda_{\min}(P)} + \frac{2e^{-\lambda t}}{\lambda_{\min}(P)} \left[ \frac{e^{t(\lambda-\phi)} - 1}{(\lambda-\phi)} \right]$$

The above analysis implies that

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \|z(t)\|^2 = 0 \quad (15)$$

Since stability of  $z(t)$  implies stability of  $x(t)$  as shown in proposition 3.1, we can now conclude that closed-loop system is asymptotically stable.  $\square$

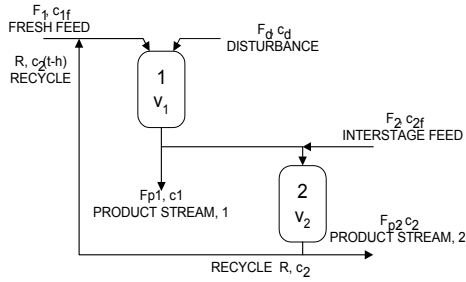


Fig 2. Two stage chemical reactor train with delay recycle

## 5. ILLUSTRATIVE EXAMPLE

Now we show how to control the two stage chemical reactor with delayed recycle stream, shown in Fig 2. Reactor recycle not only increase the overall conversion, but also reduces the cost of a reaction, therefore, it is very popular in industry. In order to recycle, the input to be recycled must be separated, from the yields, then travel through pipes after separation. This total time of recycle introduced delays in the state.

Consider the irreversible reaction  $A \rightarrow B$  with negligible heat effect is carried out in the two stage reactor system. Reactor temperature is maintained constant so that only the composition of product streams from the two reactors  $c_1, c_2$  need be controlled. The manipulated variables are the feed compositions to the two reactors,  $c_{1f}, c_{2f}$  and the process disturbance is an extra feed stream,  $F_d$  whose composition  $c_d$  varies because it comes from another processing unit. The flow rates to the reactor system are fixed and only the compositions vary. Suppose, at the input, that the fresh feed of pure  $A$  is to be mixed with the recycle stream of unreacted  $A$  with recycle flow rate  $R$ . Let  $t$  be instant of time. Then the material balance equations for the reactor system are

$$\begin{aligned} V_1 \dot{c}_1 = & F_1 c_{1f}(t) + R c_2(t-h) + F_d c_d(t) \\ & - (F_1 + R + F_d) c_1(t) - V_1 (k_1 + \delta k_1(t)) c_1(t) \end{aligned} \quad (16)$$

and

$$\begin{aligned} V_2 \dot{c}_2 = & (F_1 + R + F_d - F_{p1}) c_1(t) + F_2 c_{2f}(t) \\ & - (F_{p2} + R) c_2(t) - V_2 (k_2 + \delta k_2(t)) c_2(t) \end{aligned} \quad (17)$$

where the second product stream,  $F_{p2}$ , is given by

$$F_{p2} = F_1 + F_d - F_{p1} + F_2$$

Note that the time-varying parameters  $\delta k_1(t)$  and  $\delta k_2(t)$  represent uncertainties of the system. In practice, exact values of both of parameters are unknown. Nevertheless, it is reasonable to assume that their upper bound values are known; i.e., the information  $\delta_1$  and  $\delta_2$  such that

$$\delta_1 = \max_t \|\delta k_1(t)\|$$

and

$$\delta_2 = \max_t \|\delta k_2(t)\|$$

respectively, are available. For any given set point  $(c_{1s}, c_{2s})$ , our objective is to find a state feedback controller that make  $c_1$  and  $c_2$  converge to  $c_{1s}$  and  $c_{2s}$  respectively. To achieve this, we define the variables

$$\theta_1 = \frac{V_1}{F_1 + R + F_d}, \quad \theta_2 = \frac{V_2}{F_{p2} + R}$$

$$u_1 = c_{1f} - c_{1fs}, \quad u_2 = c_{2f} - c_{2fs}$$

$$x_1 = c_1 - c_{1s}, \quad x_2 = c_2 - c_{2s}, \quad d = c_d - c_{ds}$$

where  $c_{ds}$  is a constant nominal value of the disturbance  $c_d$ , and  $c_{1fs}, c_{2fs}$  can be obtained from

$$c_{1fs} = -\frac{R c_{2s} + F_d c_{ds} - (F_1 + R + F_d) c_{1s} - V_1 k_1 c_{1s}}{F_1}$$

$$c_{2fs} = -\frac{(F_1 + R + F_d - F_{p1}) c_{1s} - (F_{p2} + R) c_{2s} - V_2 k_2 c_{2s}}{F_2}$$

Consequently, the material balance eqn. 15 and 16 can be described by

$$\begin{aligned} \dot{x}_1(t) = & -\left(\frac{1}{\theta_1} + k_1 + \delta k_1(t)\right) x_1(t) \\ & + \frac{R}{V_1} x_2(t-h) + \frac{F_1}{V_1} u_1(t) + \frac{F_d}{V_1} d(t) + \delta k_1(t) c_{1s} \end{aligned} \quad (18)$$

$$\dot{x}_2(t) = -\left(\frac{1}{\theta_2} + k_2 + \delta k_2(t)\right) x_2(t)$$

$$+ \frac{F_{p2} - F_2 + R}{V_2} x_1(t) + \frac{F_2}{V_2} u_2(t) + \delta k_2(t) c_{2s} \quad (19)$$

Note that  $(c_1(t), c_2(t)) \rightarrow (c_{1s}, c_{2s})$  whenever  $(x_1(t), x_2(t)) \rightarrow (0, 0)$ ; therefore, the objective can be achieved by stabilizing the above system described by eqns. 18 and 19. Next, define a state vector

$$x(t) = \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix}$$

It now can be verified that state space description for eqns. 18 and 19 is of the form  $(S_d)$  with

$$A = \begin{bmatrix} -(\frac{1}{\theta_1} + k_1) & 0 \\ \frac{F_{p2} - F_2 + R}{V_2} & -(\frac{1}{\theta_2} + k_2) \end{bmatrix}$$

$$\Delta A(t) = \begin{bmatrix} \delta k_1(t) & 0 \\ 0 & \delta k_2(t) \end{bmatrix},$$

$$\|\delta k_1(t)\| \leq \delta_1, \quad \|\delta k_2(t)\| \leq \delta_2,$$

$$A_h = \begin{bmatrix} 0 & \frac{R}{V_1} \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad \Delta A_h(t) = 0,$$

$$B = \begin{bmatrix} \frac{F_1}{V_1} & 0 \\ 0 & \frac{F_2}{V_2} \end{bmatrix}, \quad \Delta B(t) = 0,$$

$$w(t) = \begin{bmatrix} F_d d(t) \\ F_1 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad \|\delta k_1(t)\| \leq d_{\max}.$$

To illustrate the proposed controller design, let us choose

$$k_1 = k_2 = 1, \quad v_1 = v_2 = 1,$$

$$F_1 = 0.4, \quad F_2 = 0.5,$$

$$F_{p1} = 0.5, \quad F_{p2} = 0.5,$$

$$F_d = 0.1, \quad R = 0.25, \quad h = 1,$$

$$\delta_1 = 0.4, \quad \delta_2 = 0.5, \quad \delta_3 = 0.5,$$

so that

$$\theta_1 = 0.75, \quad \theta_2 = 0.5,$$

and hence

$$A = \begin{bmatrix} -1.75 & 0 \\ 0.25 & -1.75 \end{bmatrix}, \quad A_h = \begin{bmatrix} 0 & 0.25 \\ 0 & 0 \end{bmatrix},$$

$$B = \begin{bmatrix} 0.4 & 0 \\ 0 & 0.5 \end{bmatrix},$$

$$H(t) = \begin{bmatrix} \frac{\delta k_1(t)}{0.4} & 0 \\ 0 & \frac{\delta k_2(t)}{0.5} \end{bmatrix}, \quad \|H(t)\| \leq 1,$$

$$w(t) = \begin{bmatrix} d(t) \\ 4 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad \|w(t)\| \leq 0.125$$

Note here that the nominal system is stable. Indeed, it can be verified that  $s_1 = -2.72791$  and  $s_2 = -1.27667$  are the poles of the nominal system. Based on the procedure given in [8] with  $\sigma(A_c) = \{s_1, s_1\}$  the required matrix parameter  $A_c$  of the transformation is then determined to be

$$A_c = \begin{bmatrix} -1.75 & 1.851497 \\ 0.25 & -2.254575 \end{bmatrix}$$

Next, solve to Lyapunov equation (2.3.12) with  $Q = I$  to get

$$P = \begin{bmatrix} 0.3093344 & 0.165341 \\ 0.165341 & 0.357552 \end{bmatrix}$$

A suitable control law is then given by eqn. 9 with  $\delta = 1, \phi = 0.5$  and

$$\rho(x_t) = \sqrt{(x_1(t) + c_{1s})^2 + (x_2(t) + c_{2s})^2} + 0.125$$

Suppose that set point is chosen as

$$c_{1s} = 0.5, \quad c_{2s} = 1.0$$

Simulations are now presented for the corresponding closed-loop system. In these simulations, the uncertain parameters are taken to be as follows.

$$\delta k_1(t) = 0.4 \sin(2t), \quad \delta k_2(t) = 0.5 \sin(2t),$$

$$d(t) = 0.5 \sin(2t).$$

The initial condition is taken to be  $x_0 = [-0.4 \quad -1.0]^T$  on  $[-1, 0]$ . The results of these simulations are shown in Fig 3.

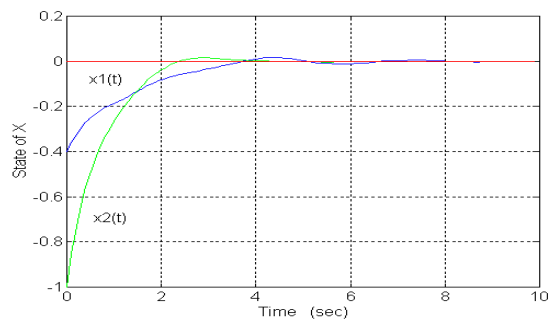


Fig 3. Response of state  $x$  versus time



## 6. CONCLUSION

We have presented a computational method to stabilize uncertain systems including known constant time delay. By using the matching conditions, we can change system model (eqn. 1) into new model (eqn. 2) that is easier for analysis. We then use a linear transformation [2] to reduce the delay system model with  $A_c$ , which have been chosen so that  $\Delta^{-1}(s)(sI - A_c)$  stable. This explains why stability of  $z(t)$  can imply stability of  $x(t)$

In comparison with [7], the advantage we presented is the control law (10); by changing constant  $\varepsilon$  to  $e^{-\phi t}$  that converges to zero. It therefore controls the system more efficiently with better performance. Finally, we show how to apply the proposed stabilization method to set point control of a chemical reactor train with delay recycle.

## 7. ACKNOWLEDGMENT

This work is partly supported by National Electronics and Computer Technology Center (NECTEC). National Science and Technology Development Agency (NSTDA). Ministry of Science Technology and Environment, Thailand.

## 8. REFERENCE

- [1] CHERES, E., GUTMAN, S., and PALMOR, Z.J., "Stabilization of uncertain dynamical systems including state delay", IEEE Transaction on AUTOMATIC CONTROL, VOL. AC-34, No. 11, 1989, pp 1199-1203.
- [2] FIAGBEDZI, Y.A., and PEARSON, A.E., "Feedback stabilization of state delayed systems via a reducing transformation", In Proc. IEEE Conf. Decision Contr., VOL 1, December 1985, pp 128-129.
- [3] PHOOJARUENCHANACHAI, S., and FURUTA, K., "Finite dimensional controller design for stabilization of uncertain time-delay systems", Trans. Soc. Instrum. Contr. Eng., VOL. 28, No. 3, 1992, pp 326-333.
- [4] PHOOJARUENCHANACHAI, S., and FURUTA, K., "Memoryless stabilization of uncertain linear systems including time-varying state delays", IEEE Transaction on AUTOMATIC CONTROL, VOL. AC-37, No. 7, July 1992, pp 1022-1026.

- [5] NGUANG, S.K., "Robust stabilization for a class of time-delay nonlinear systems", IEE PROCEEDING on CONTROL THEORY APPLICATIONS, VOL. 141, No. 5, SEPTEMBER 1994, pp 285-288.
- [6] WU, H., and MIZUKAMI, K., "Linear and nonlinear stabilizing continuous controllers of uncertain dynamical systems including state delay", IEEE Transaction on AUTOMATIC CONTROL, VOL 41, No. 1, January 1996, pp 116-121.
- [7] PHOOJARUENCHANACHAI, S., and FURUTA, K., "Deterministic control of uncertain state delayed systems", Proceedings of IEEE Conference on Decision and Control, TUSCON, VOL 3, 1992, pp 2870-2875.
- [8] FIAGBEDZI, Y.A., and PEARSON, A.E., "Feedback stabilization of linear autonomous time lag systems", IEEE Transaction on AUTOMATIC CONTROL, VOL. AC-31, No. 9, September 1986, pp 847-855.
- [9] GUTMAN, S., "Uncertain dynamical systems A Lyapunov min max approach", IEEE Transaction on AUTOMATIC CONTROL, VOL. AC-24, No. 6, 1979, pp 437-443.
- [10] SOKOLNIKOFF, I.S., and REDHEFFER, R.M., "Mathematics of Physics and Modern Engineering", McGraw-Hill, 1966.

## 9. APPENDIX

### 9.1 Supplementary proof of Proposition 3.1

From the hypothesis of Proposition 3.1, we have

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + A_h x(t-h) + B(u(t) + v(t)) \quad (20)$$

with the auxiliary output

$$\begin{aligned} z(t) &= (T_c(x))(t) \\ &= x(t) + \int_{-h}^0 e^{A_c \theta} A_h x(t-h-\theta) d\theta \end{aligned} \quad (21)$$

where the matrix  $A_c$  be defined by

$$A_c = A + e^{-hA_c} A_h \quad (22)$$

By using the *Leibniz's formula* [10], it can be verified that

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \int_{-h}^0 e^{A_c \theta} A_h x(t-h-\theta) d\theta &= e^{-hA_c} A_h x(t) - A_h x(t-h-\theta) \\ &+ A_c \int_{-h}^0 e^{A_c \theta} A_h x(t-h-\theta) d\theta \end{aligned}$$

Hence,

$$\begin{aligned}
 \dot{x}(t) &= \dot{x}(t) + \frac{d}{dt} \int_{-h}^0 e^{A_c \theta} A_h x(t-h-\theta) d\theta \\
 &= Ax(t) + A_h x(t-h) + B(u(t) + v(t)) \\
 &\quad + e^{-hA_c} A_h x(t) - A_h x(t-h-\theta) \\
 &\quad + A_c \int_{-h}^0 e^{A_c \theta} A_h x(t-h-\theta) d\theta \\
 &= A_c \left[ x(t) + \int_{-h}^0 e^{A_c \theta} A_h x(t-h-\theta) d\theta \right] \\
 &\quad + B(u(t) + v(t)) + \left[ A + e^{-hA_c} A_h - A_c \right] x(t)
 \end{aligned}$$

which is equivalent to

$$\dot{x}(t) = A_c z(t) + B(u(t) + v(t))$$

as in eqns. 21 and 22

Next, to show eqn. 8, Laplace transform eqn. 21 to obtain

$$\begin{aligned}
 Z(s) &= L\{z(t)\} \\
 &= L\left\{x(t) + \int_{-h}^0 e^{A_c \theta} A_h x(t-h-\theta) d\theta\right\} \\
 &= X(s) + \int_{-h}^0 e^{A_c \theta} A_h L\{x(t-h-\theta)\} d\theta
 \end{aligned}$$

Since, for any scalar  $\alpha > 0$ ,

$$\begin{aligned}
 L\{x(t-\alpha)\} &= \int_0^\infty e^{-st} x(t-\alpha) dt \\
 &= e^{-s\alpha} X(s) + \int_{-\alpha}^0 e^{-s(\tau+\alpha)} x_0(t-\tau) d\tau
 \end{aligned}$$

where  $x_0 \in C_d([- \alpha, 0]; R^n)$  denote the initial function. Consequently,

$$\begin{aligned}
 Z(s) &= X(s) + \int_{-h}^0 e^{A_c \theta} A_h e^{-s(h+\theta)} d\theta X(s) \\
 &\quad + \int_{-h}^0 e^{A_c \theta} A_h \int_{-(h+\theta)}^0 e^{-s(\tau+h+\theta)} x_0(\tau) d\tau d\theta \\
 &= \left[ I + \int_{-h}^0 e^{A_c \theta} A_h e^{-s(h+\theta)} d\theta \right] X(s) \\
 &\quad + \int_{-h}^0 e^{A_c \theta} A_h \int_{-(h+\theta)}^0 e^{-s(\tau+h+\theta)} x_0(\tau) d\tau d\theta
 \end{aligned} \tag{23}$$

Note here that

$$I + \int_{-h}^0 e^{A_c \theta} A_h e^{-s(h+\theta)} d\theta = (sI - A_c)^{-1} \Delta(s) \tag{24}$$

where  $\Delta(s) = [sI - A - e^{-hs} A_h]$  This can be verified easily by direct integration and then using eqn 22. Finally, direct substitution of eqn. 24 in eqn. 23 yields the required result.



**Suthee Phoojaruenchanachai** graduated from King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL), in 1986. With scholarship support from the Japanese government, he received M.Eng. and D.Eng. from Tokyo Institute of Technology in 1990 and 1993, respectively, both in control engineering. Since August 1993 he has held a position of researcher at CTL. His research activities currently focus on IT development for manufacturing automation and telemedicine.



**Kamol Uahchinkul** received his B.Eng in Control Engineering from KMITL, Thailand in 1992 and Master degrees in Electrical Engineering from KMITL, in 1998. He has joined EMC Research and Service Laboratory of NECTEC since 1994 as a research assistant and had been visiting several world class EMC Laboratories in Singapore, Canada, USA and Germany. He was trained in EMC moreover 20 days at FAU, USA. Afterthat, he is assigned to be research assistant for product development and solve EMI problems. His special skills and interests are in EMC, Product design and also Control Engineering especially on uncertain time-delay system.

**Yothin Prempraneerach** received his Bachelor degree in Telecommunication Engineering from King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL) in 1971. He was awarded with the Japan International Cooperation Agency (JICA) scholarship and the Japan Society Promotion of Science (JSPS) scholarship to continue his further education in Japan and received the M.S.E.E. and D.Eng. in Control Engineering from Nihoh University, in 1974 and 1983, respectively. Since 1983, he has been an Associate Professor at Department of Control Engineering, KMITL. Yothin has been conducting research and development in the field of Control Engineering and received several research funds and awards from JICA and JSPS.

# Combining Trigram and Winnow in Thai OCR Error Correction

Surapant Meknavin

National Electronics and Computer Technology Center  
73/1 Rama VI Road, Rajthevi, Bangkok, Thailand  
surapan@nectec.or.th

Boonserm Kijirikul, Ananlada Chotimongkol Cholwich Nuttee  
Department of Computer Engineering  
Chulalongkorn University, Thailand  
fengbks@chulkn.chula.ac.th

**ABSTRACT** — For languages that have no explicit word boundary such as Thai, Chinese and Japanese, correcting words in text is harder than in English because of additional ambiguities in locating error words. The traditional method handles this by hypothesizing that every substrings in the input sentence could be error words and trying to correct all of them. In this paper, we propose the idea of reducing the scope of spelling correction by focusing only on dubious areas in the input sentence. Boundaries of these dubious areas could be obtained approximately by applying word segmentation algorithm and finding word sequences with low probability. Next, to generate the candidate correction words, we used a modified edit distance which reflects the characteristic of Thai OCR errors. Finally, a part-of-speech trigram model and Winnow algorithm are combined to determine the most probable correction.

**KEY WORDS** — Thai OCR, error correction, Winnow, Trigram

**บทคัดย่อ** — การแก้คำผิดในข้อความของภาษากลุ่มที่ไม่มีเครื่องหมายแบ่งคำชัดเจน เช่น ภาษาไทย, ภาษาจีน และภาษาญี่ปุ่น ยากกว่าในภาษาอังกฤษ เพราะมีความกำกวมเพิ่มขึ้นจากการกำหนดขอบเขตของคำผิด วิธีทั่วไปจัดการกับปัญหานี้โดยการตั้งสมมุติฐานว่าทุกสตริงย่อยในประโยคอาจเป็นคำผิดได้ และพยายามแก้ไขทุกสตริงย่อยนั้น บทความนี้เสนอความคิดในการลดขอบเขตการแก้ไขลงให้เหลือเฉพาะบริเวณที่ต้องสงสัย ซึ่งเป็นบริเวณที่เมื่อตัดคำแล้วมีค่าความน่าจะเป็นในการเรียงตัวของกลุ่มคำต่ำ คำที่เป็นตัวเลือกในการแก้ไขถูกสร้างขึ้นโดยใช้ ระยะแก้ไขแบบดัดแปลง ซึ่งสะท้อนคุณลักษณะของความผิดพลาดในโอซีอาร์ภาษาไทย นอกจากนี้ โมเดลไตรแกรมของหมวดคำ และอัลกอริธึมวินโนว์ ถูกนำมาใช้ร่วมกันในการตัดสินใจการแก้ไขที่เหมาะสมที่สุด

**คำสำคัญ** — โอซีอาร์ภาษาไทย, การแก้ไขความผิดพลาด, วินโนว์, ไตรแกรม

## 1. Introduction

Optical character recognition (OCR) is useful in a wide range of applications, such as office automation and information retrieval system. However, OCR in Thailand is still not widely used, partly because existing Thai OCRs are not quite satisfactory in terms of accuracy. Recently, several research projects have focused on spelling correction for many types of errors including those from OCR [6]. Nevertheless, the strategy is slightly different

from language to language, since the characteristic of each language is different.

Two characteristics of Thai which make the task of error correction different from those of other languages are: (1) there is no explicit word boundary, and (2) characters are written in three levels; i.e., the middle, the upper and the lower levels. In order to solve the problem of OCR error correction, the first task is usually to detect error strings in the input sentence. For languages that have explicit word boundary such as English in



Figure 1. No explicit word delimiter in Thai

which each word is separated from the others by white spaces, this task is comparatively simple. If the tokenized string is not found in the dictionary, it could be an error string or an unknown word. However, for the languages that have no explicit word boundary such as Chinese, Japanese and Thai, this task is much more complicated. Even without errors from OCR, it is difficult to determine word boundary in these languages. The situation gets worse when noises are introduced in the text. The existing approach for correcting the spelling error in the languages that have no word boundary assumes that all substrings in input sentence are error strings, and then tries to correct them [9]. This is computationally expensive since a large portion of the input sentence is correct. The other characteristic of Thai writing system is that we have many levels for placing Thai characters and several characters can occupy more than one level. These characters are easily connected to other characters in the upper or lower level. These connected characters cause difficulties in the process of character segmentation which then cause errors in Thai OCR.

Other than the above problems specific to Thai, real-word error is another source of errors that is difficult to correct. Several previous works on spelling correction demonstrated that feature-based approaches are very effective for solving this problem.

In this paper, a hybrid method for Thai OCR error correction is proposed. The method combines the part-of-speech (POS) trigram model with a feature-based model. First, the POS trigram model is employed to correct non-word as well as real-word errors. In this step, the number of non-word errors are mostly

reduced, but some real-word errors still remain because the POS trigram model cannot capture some useful features in discriminating candidate words. A feature-based approach using Winnow algorithm is then applied to correct the remaining errors. In order to overcome the expensive computation cost of the existing approach, we propose the idea of reducing the scope of correction by using word segmentation algorithm to find the approximate error strings from the input sentence. Though the word segmentation algorithm cannot give the accurate boundary of an error string, many of them can give clues of unknown strings which may be error strings. We can use this information to reduce the scope of correction from entire sentence to a more narrow scope. Next, to capture the characteristic of Thai OCR errors, we have defined the modified edit distance and use it to enumerate plausible candidates which deviate from the word in question within  $k$ -edit distance.

## 2. Problems of Thai OCR

The problem of OCR error correction can be defined as : given the string of characters  $S = c_1c_2...c_n$  produced by OCR, find the word sequence  $W = w_1w_2...w_l$  that maximizes the probability  $P(W|S)$ . Before describing the methods used to model  $P(W|S)$ , below we list some main characteristics of Thai that poses difficulties for correcting Thai OCR error.

- Words are written consecutively without word boundary delimiters such as white space characters. For example, the phrase “ญี่ปุ่นในปัจจุบัน” (Japan at present) in Figure 1, actually consists of three words: “ญี่ปุ่น” (Japan), “ใน” (at), and “ปัจจุบัน” (present).

Therefore, Thai OCR error correction has to overcome word boundary ambiguity as well as select the most probable correction candidate at the same time. This is similar to the problem of *Connected Speech Recognition* and is sometimes called *Connected Text Recognition* [5].

- There are roughly 3 levels for placing Thai characters and some characters can occupy more than one level. For example, in Figure 2 “ฟ” consists of characters in three levels, i.e., ุ, ฝ, ะ and ๑ are in the top, the bottom, the middle and both the middle and top levels, respectively. The characters that occupy more than one level like ๑ usually connect to other characters (๑) and cause error on the output of OCR, i.e., ๑ may be recognized as ๑ or ๑. Therefore, to correct characters produced by OCR, not only substitution errors but also deletion and insertion errors must be considered. In addition, in such a case, the candidates ranked by OCR output are unreliable and cannot be used to reduce search space. This is because the connected characters tend to have very different features from the original separated ones.

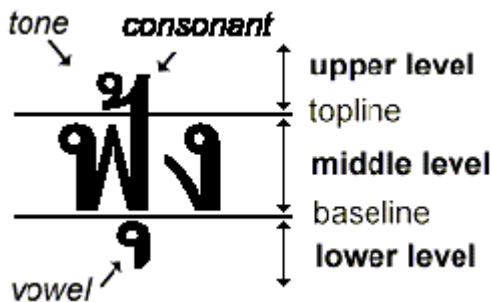


Figure 2. Three levels for placing Thai characters

### 3. Our Methods

#### 3.1 Trigram Model

To find  $W$  that maximizes  $P(W|S)$ , we can use the POS trigram model as follows.

$$\begin{aligned} \underset{W}{\operatorname{argmax}} P(W|S) \\ = \underset{W}{\operatorname{argmax}} P(W)P(S|W)/P(S) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} & \underset{W}{\operatorname{argmax}} P(W)P(S|W) \end{aligned} \quad (2)$$

The probability  $P(W)$  is given by the language model and can be estimated by the trigram model as:

$$P(W) = P(W, T) = \prod P(t_i | t_{i-2}, t_{i-1}) P(w_i | t_i) \quad (3)$$

$P(S|W)$  is the characteristic of a specific OCR, and can be estimated by collecting statistical information from original text and the text produced by OCR. We assume that given the original word sequence  $W$  composed of characters  $v_1 v_2 \dots v_m$ , OCR produces the string  $S (= c_1 c_2 \dots c_i)$  by repeatedly applying the following operation: substitute a character with another; insert a character; or delete a character. Let  $S_i$  be the  $i$ -prefix of  $S$  that is formed by the first character to the  $i$ -character of  $S (= c_1 c_2 \dots c_i)$ , and similarly  $W_j$  is the  $j$ -prefix of  $W (= v_1 v_2 \dots v_j)$ . Using dynamic programming technique, we can calculate  $P(S|W) (= P(S_n|W_m))$  by the following equation:

$$\begin{aligned} P(S_i|W_j) = \max ( & P(S_{i-1}|W_j) * P(\text{ins}(c_i)), \\ & P(S_i|W_{j-1}) * P(\text{del}(v_j)), \\ & P(S_{i-1}|W_{j-1}) * P(c_i|v_j) ) \end{aligned} \quad (4)$$

where  $P(\text{ins}(c))$ ,  $P(\text{del}(v))$  and  $P(c|v)$  are the probabilities that letter  $c$  is inserted, letter  $v$  is deleted and letter  $v$  is substituted with  $c$ , respectively.

One method to do OCR error correction using the above model is to hypothesize all substrings in the input sentence as words [9]. Both words in the dictionary that exactly match with the substrings and those that approximately match are retrieved. To cope with unknown words, all other substrings not matched must also be considered. The word lattice is then scanned to find the  $N$ -best word sequences as correction candidates. In general, this method is perfectly good, except in one aspect: its time complexity. Because it

generates a large number of hypothesized words and has to find the best combination among them, it is very slow.

### 3.2 Selective Trigram Model

To alleviate the above problem, we try to reduce the number of hypothesized words by generating them only when needed. Having analyzed the OCR output, we found that a large portion of input sentence are correctly recognized and need no approximation. Therefore, instead of hypothesizing blindly through the whole sentence, if we limit our hypotheses to only dubious areas, we can save considerable amount of time.

Following is our algorithm for correcting OCR output.

1. **Find dubious areas:** Find all substrings in the input sentence that exactly match words in the dictionary. Each substring may overlap with others. The remaining parts of sentence which are not covered by any of these substrings are considered as dubious areas.
2. **Make hypotheses for nonwords and unknown words:**
  - (a) For each dubious string obtained from 1., the surrounding words are also considered to form candidates for correction by concatenating them with the dubious string. For example, in "*inform at j on*", *j* is an unknown string representing a dubious area, and *inform at* and *on* are words. In this case, the unknown word and its surrounding known words are combined together, resulting in "*informatjon*" as a new unknown string.
  - (b) For each unknown string obtained from 2(a), apply the candidate generation routine to generate approximately matched words within  $k$ -edit distance. The value of  $k$  is varied proportionally to the length of candidate word.
  - (c) All substrings except for ones that violate Thai spelling rules, i.e., lead by non-leading character, are hypothesized as unknown words.

3. **Find good word sequences:** Find the  $N$ -best word sequences according to equation (2). For unknown words,  $P(w_i | \text{Unknown word})$  is computed by using the unknown word model in [9].
4. **Make hypotheses for real-word error:** For each word  $w_i$  in  $N$ -best word sequence where the local probabilities  $P(w_{i-1}, w_i, w_{i+1}, t_{i-1}, t_i, t_{i+1})$  are below a threshold, generate candidate words by applying the process similar to step 2 except that the nonword in step 2 is replaced with the word  $w_i$ . Find the word sequences whose probabilities computed by equation (2) are better than original ones.
5. **Find the  $N$ -best word sequences:** From all word sequences obtained from step 4, select the  $N$ -best ones.

The candidate generation routine uses a modification of the standard edit distance and employs the error-tolerant finite-state recognition algorithm [10] to generate candidate words. The modified edit distance allows arbitrary number of insertion and/or deletion of upper level and lower level characters, but allows no insertion or deletion of the middle level characters. In the middle level, it allows only  $k$  substitution. This is to reflect the characteristic of Thai OCR which, (1) tends to merge several characters into one when the character which spans two levels are adjacent to characters in the upper and lower level, and (2) rarely causes insertion and deletion errors in the middle level. For example, applying the candidate generation routine with 1 edit distance to the string “พจ” gives the set of candidates {พจ, จจ, มจ, ยจ, ย้ง}.

From our experiments, we found that the selective trigram model can deal with nonword errors fairly well. However, the model is not enough to correct real-word errors as well as words with the same part of speech. This is because the POS trigram model considers only coarse information of POS in a fixed restricted range of context, some useful information such as specific word collocation may be lost. Using word  $N$ -gram could recover some word-

level information but requires an extremely large corpus to estimate all parameters accurately and consumes vast space resources to store the huge word  $N$ -gram table. In addition, the model losses generalized information at the level of POS.

For English, a number of methods have been proposed to cope with real-word errors in spelling correction [2], [3], [4], [11]. Among them, the feature-based methods were shown to be superior to other approaches. This is because the methods can combine several kinds of features to determine the appropriate word in a given context. For our task, we adopt a feature-based algorithm called Winnow. There are two reasons why we select Winnow. First, it has been shown to be the best performer in English context-sensitive spelling correction [2]. Second, it was shown to be able to handle difficult disambiguation tasks in Thai [8].

Below we describe Winnow algorithm that is used for correcting real-word error.

### 3.3 Winnow Algorithm

#### 3.3.1 The algorithm

A Winnow algorithm used in our experiment is the algorithm described in [1]. Winnow is a

multiplicative weight updating and incremental algorithm [2], [7]. The algorithm is originally designed for learning two-class (positive and negative class) problems, and can be extended to multiple-class problems as shown in Figure 3.

Winnow can be viewed as a network of one target node connected to  $n$  nodes, called *specialists*, each of which examines one feature and predicts  $x_i$  as the value of the target concept. The basic idea of the algorithm is that to extract some useful unknown features, the algorithm asks for opinions from all specialists, each of whom has his own specialty on one feature, and then makes a global prediction based on a weighted majority vote over all those opinions as described in Step 2-(a) of Figure 3. In our experiment, we have each specialist examine one or two attributes of an example. For example, a specialist may predict the value of the target concept by checking for the pairs “(attribute1 = value1) and (attribute2 = value2)”. These pairs are candidates of features we are trying to extract.

Let  $v_1, \dots, v_m$  be the values of the target concept to be learned, and  $x_i$  be the prediction of the  $i$ -specialist.

1. Initialize the weights  $w_1, \dots, w_n$  of all the specialists to 1.
2. **For Each** example  $x = \{x_1, \dots, x_n\}$  **Do**
  - (a) Let  $V$  be the value of the target concept of the example.
  - (b) Output  $\hat{v}_j = \arg \max_{v_j \in \{v_1, \dots, v_m\}} \sum_{i: x_i = v_j} w_i$
  - (c) If the algorithm makes a mistake, ( $\hat{v}_j \neq V$ ) then:
    - i. for each  $x_i$  equal to  $V$ ,  $w_i$  is updated to  $w_i \cdot \alpha$
    - ii. for each  $x_i$  equal to  $\hat{v}_j$ ,  $w_i$  is updated to  $w_i \cdot \beta$

where,  $\alpha > 1$  and  $\beta < 1$  are promotion parameter and demotion parameter, and are set to 3/2 and 1/2, respectively.

Figure 3. The Winnow algorithm for learning multiple-class concept.

A specialist only makes a prediction if its condition “(attribute1 = value1)” is true in case of one attribute, or both of its conditions “(attribute1 = value1) and (attribute2 = value2)” are true in case of two attributes, and in that case it predicts the most popular outcome out of the last  $k$  times it had the chance to predict. A specialist may choose to abstain instead of giving a prediction on any given example in case that it did not see the same value of an attribute in the example. In fact, we may have each specialist examines more than two attributes, but for the sake of simplification of preliminary experiment, let us assume that two attributes for each specialist are enough to learn the target concept.

The global algorithm updates the weight  $w_i$  of any specialist based on the vote of that specialist. The weight of any specialist is initialized to 1. In case that the global algorithm predicts incorrectly, the weight of the specialist that predicts incorrectly is halved and the weight of the specialist that predicts correctly is multiplied by 3/2. This weight updating method is the same as the one used in [1]. The advantage of Winnow, which made us decide to use for our task, is that it is not sensitive to extra irrelevant features [7].

### 3.3.2 Constructing Confusion Set and Defining Features

To employ Winnow in correcting OCR errors, we first define *k-edit distance confusion set*. A  $k$ -edit distance confusion set  $S = \{c, w_1, w_2, \dots, w_n\}$  is composed of one centroid word  $c$  and words  $w_1, w_2, \dots, w_n$  generated by applying the candidate generation routine with maximum  $k$  modified edit distance to the centroid word. If a word  $c$  is produced by OCR output or by the previous step, then it may be corrected as  $w_1, w_2, \dots, w_n$  or  $c$  itself. For example, suppose that the centroid word is *know*, then all possible words in 1-edit distance confusion set are  $\{know, knob, knop, knot, knew, enow, snow, known, now\}$ . Furthermore, words with probability lower than a threshold are excluded from the set. For example, if a specific OCR has low probability of substituting  $t$  with  $w$ , “*knot*” should be excluded from the set.

Following previous works [4], [8], we have tried two types of features: context words and collocations. Context-word features is used to test for the presence of a particular word within  $\pm M$  words of the target word, and collocations test for a pattern of up to  $L$  contiguous words and/or part-of-speech tags around the target word. In our experiment  $M$  and  $L$  is set to 10 and 2, respectively. Examples of features for discriminating between snow and know include:

- (1) I {know, snow}
- (2) winter within +10 words

where (1) is a collocation that tends to imply *know*, and (2) is a context-word that tends to imply *snow*. Then the algorithm should extract the features (“word within +10 words of the target word” = “winter”) as well as (“one word before the target word” = “I”) as useful features by assigning them with high weights.

### 3.3.3 Using the Network to Rank Sentences

After networks of  $k$ -edit distance confusion sets are learned by Winnow, the networks are used to correct the  $N$ -best sentences received from POS trigram model. For each sentence, every real word is evaluated by the network whose the centroid word is that real word. The network will then output the centroid word or any word in the confusion set according to the context. After the most probable word is determined, the confidence level of that word will be calculated. Since every specialist has weight voting for the target word, we can consider the weight as confidence level of that specialist for the word. We define the confidence level of any word as all weights that vote for that word divided by all weights in the network. Based on the confidence levels of all words in the sentence, the average of them is taken as the confidence level of the sentence. The  $N$ -best sentences are then re-ranked according to the confidence level of the sentences.

## 4 Experiments

We have prepared the corpus containing about 9,000 sentences (140,000 words, 1,300,000 characters) for evaluating our methods. The corpus is separated into two parts; the first part



containing about 80% of the whole corpus is used as a training set for both the trigram model and Winnow, and the rest is used as a test set. Based on the prepared corpus, experiments were conducted to compare our methods. The results are shown in Table 1, and Table 2.

Table 1. The percentage of word error from OCR

Type	Error
Non-word Error	18.37%
Real-word Error	3.60%
Total	21.97%

Table 2. The percentage of corrected word errors after applying Trigram and Winnow

Type	Trigram	Trigram + Winnow
Non-word Error	82.16%	90.27%
Real-word Error	75.71%	87.60%
Introduced Error	1.42%	1.56%

Table 1 shows the percentage of word errors from the entire text. Table 2 shows the percentage of corrected word errors after applying Trigram and Winnow. The result reveals that the trigram model can correct non-word and real-word, but introduced some new errors. By the trigram model, real-word errors are more difficult to correct than non-word. Combining Winnow to the trigram model, both types of errors are further reduced, and improvement of real-word error correction is more acute.

The reason for better performance of Trigram+Winnow over Trigram alone is that the former can exploit more useful features, i.e., context words and collocation features, in correction. For example, the word “น้ำ” (water) is frequently recognized as “นำ” (to bring) because the characters “ ” is misreplaced with a single character “ ” by OCR. In this case, Trigram cannot effectively recover the real-word error “นำ” to the correct word “น้ำ”. The word “น้ำ” is effectively corrected by Winnow as the algorithm found the context words that indicate the occurrence of “น้ำ” such as the words “ระเหย” (evaporate) and “พืช” (plant).

Note that these context words cannot be used by Trigram to correct the real-word errors.

## 5. Conclusion

We have examined the application of the modified edit distance, POS trigram model and Winnow algorithm to the task of Thai OCR error correction. The experimental result shows that our proposed method reduces both non-word errors and real-word errors effectively. In future work, we plan to test the method with much more data and to incorporate other sources of information to improve the quality of correction. It is also interesting to examine how the method performs when applied to human-generated misspellings.

## Acknowledgement

We would like to thank Paisarn Charoenpornasawat who helps us run experiment with Winnow. This work was partly supported by the Thai Government Research Fund.

## Reference

- [1] Avrim Blum. Empirical support for winnow and weighted-majority algorithm: Results on a calendar scheduling domain. *Machine Learning*, 26, 1997.
- [2] Andrew R. Golding. A bayesian hybrid method for context-sensitive spelling correction. In *Proceedings of the Third Workshop on Very Large Corpora*, 1995.
- [3] Andrew R. Golding and Dan Roth. Applying winnow to context-sensitive spelling correction. In *Proceedings of the Thirteenth International Conference on Machine Learning*, 1996.
- [4] Andrew R. Golding and Yves Schabes. Combining trigram-based and featured-based methods for context-sensitive spelling correction. Technical Report TR-93-03a, Mitsubishi Electric Research Laboratory, 1993.
- [5] Peter Ingels. Connected text recognition using layered HMMs and token passing. In *Proceedings of the Second Conference on New Methods in Language Processing*, 1996.
- [6] Karen Kukich. Techniques for automatically correction words in text. *ACM Computing Surveys*, 24(4), 1992.
- [7] Nick Littlestone. Learning quickly when irrelevant attributes abound: A new linear-

- threshold algorithm. *Machine Learning*, 2, 1988.
- [8] Surapant Meknavin, Paisarn Charoenporn-sawat, and Boonserm Kijirikul. Feature-based Thai word segmentation. In *Proceedings of Natural Language Processing Pacific Rim Symposium '97*, 1997.
- [9] Masaaki Nagata. Context-base spelling correction for Japanese OCR. In *Proceedings of COLING '96*, 1996.
- [10] Kemal Oflazer. Error-tolerant finite-state recognition with applications to morphological analysis and spelling correction. *Computational Linguistics*, 22(1), 1996.
- [11] Xiang Tong and David A. Evans. A statistical approach to automatic OCR error correction in context. In *Proceedings of the Fourth Workshop on Very Large Corpora*, 1996.

Her responsibility at SLL is about developing a spelling correction program for correcting errors from Thai OCR. She has also involved in Y2K project of NECTEC. Her areas of interest are Artificial Intelligent, Natural Language Processing and Speech Recognition.

**Cholwich Nuttee** received his B.Eng in Computer Engineering from Chulalongkorn University in 1998. He then got the Japanese government scholarship for studying toward a Master Degree and a Ph.D. at Tokyo Institute of Technology.



**Surapant Meknavin** received his B.Eng (Computer Engineering) from Chulalongkorn University in 1987. He then got his M.Eng (Computer Science) and D.Eng. (Computer Science)

from Tokyo Institute of Technology in 1990 and 1993 respectively. He has joined NECTEC right after his graduation and has led R&D team in developing basic algorithms for Thai processing such as word segmentation, full text search, spelling correction and speech synthesis. His fields of interest include natural language processing, machine learning, stringology, information retrieval, and mathematics.



**Boonserm Kijirikul** received his B.Eng (Electronic and Electrical Engineering), M.Eng (Computer Science) and D.Eng. (Computer Science) from Tokyo Institute of Technology in 1998, 1990 and 1993 respectively. He

is currently a lecturer at the department of computer engineering, Chulalongkorn University. His main interests are in machine learning and natural language processing.



**Ananlada Chotimongkol** received her B.Eng. in Computer Engineering from Chulalongkorn University in 1998. After graduated, she has joined

Software and Language Engineering Laboratory (SLL) since May 1998.

# การปรับระบบการเข้ารหัสและถอดรหัสวิดีโอภาพมาตรฐาน H.261 ให้เหมาะสม โดยการเลือกอัลกอริธึมที่มีประสิทธิภาพสูง

## An Optimization for the H.261 Digital Video Signal Encoding and Decoding System by Selection of High Efficient Algorithms

เทอดศักดิ์ ธนกิจประภา\* ไกรสิน ส่องวัฒนา\*\*

นักศึกษาปริญญาโท\* อาจารย์\*\* ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

**ABSTRACT** – This paper presents an optimization for H.261 digital video signal encoding and decoding system, which can be used to increase the efficiency of a videoconferencing system. Since the most part of computational process of a videoconferencing system is in encoding and decoding video signal, a faster and more intelligent video encoder and decoder will increase the system performance. The optimization is done by studying the time spent by each individual function of the process. These functions are replaced with more efficient algorithms if large amounts of computational times are detected.

**KEY WORDS** – H.261 video encoding, H.261 video decoding, Optimization

**บทคัดย่อ** -- บทความนี้จะนำเสนอการเข้ารหัสและถอดรหัสวิดีโอภาพมาตรฐาน H.261 ให้เหมาะสม ซึ่งใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการประชุมทางไกลผ่านวิดีโอภาพ (video conferencing) เนื่องจากการประมวลผลในระบบการประชุมทางไกลผ่านวิดีโอภาพส่วนมากจะเป็นการเข้ารหัสและถอดรหัสวิดีโอภาพ ดังนั้นการปรับปรุงการเข้ารหัสและถอดรหัสวิดีโอภาพให้เร็วขึ้นและมีความฉลาดมากขึ้นจะเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการปรับระบบจะทำได้โดยการศึกษาเวลาที่ใช้ในการคำนวณฟังก์ชันในแต่ละส่วนของการเข้ารหัสและถอดรหัสภาพเพื่อพิจารณาหาอัลกอริธึมทดแทนเมื่อเวลาที่ใช้ในการคำนวณฟังก์ชันนั้นสูงเกินไป

**คำสำคัญ** – การเข้ารหัสวิดีโอภาพระบบ H.261, การถอดรหัสวิดีโอภาพระบบ H.261, การปรับแต่งระบบให้เหมาะสม

### 1. บทนำ

เนื่องจากการประมวลผลของระบบการประชุมทางไกลผ่านวิดีโอภาพตามมาตรฐาน ITU H.320, H.321, H.322, H.323 และ H.324 ส่วนใหญ่จะเป็นการเข้ารหัสและถอดรหัสวิดีโอภาพโดยเฉพาะเมื่อมีการประชุมทางไกลแบบหลายจุดพร้อมกัน ดังนั้นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เข้ารหัสและถอดรหัสวิดีโอภาพระบบ H.261 จำเป็นต้องได้รับการออกแบบให้ทำงานได้รวดเร็วและถูก

ต้องมากที่สุดในการสภาวะการทำงานแบบ real time ดังนั้นบทความนี้จึงมุ่งเน้นการเพิ่มความเร็วของอุปกรณ์เข้ารหัสและถอดรหัสวิดีโอภาพ ระบบ H.261 ด้วยการเลือกอัลกอริธึมประสิทธิภาพสูงในฟังก์ชันการทำงานหลักของระบบเพื่อนำอุปกรณ์นี้ไปใช้ในระบบการประชุมทางไกลผ่านวิดีโอภาพต่อไป และผลที่ได้จากการวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ได้กับการเข้ารหัสและถอดรหัสวิดีโอภาพในระบบอื่น ๆ เช่น H.263 และ MPEG

การวิจัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบเข้ารหัสและถอดรหัสวิดีโอภาพอย่างต่อเนื่องในช่วงสิบปีที่ผ่านมา โดยมุ่งเน้นการพัฒนาแบบฮาร์ดแวร์และอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพสูงเพื่อนำมาแก้แต่ละส่วนฟังก์ชันในระบบเข้ารหัสและถอดรหัสวิดีโอภาพ เช่น การแปลงข้อมูลระหว่างระบบสี, การแปลงข้อมูล FDCT และ IDCT, การหา motion vector, การเข้ารหัส entropy coding และอื่น ๆ โดยในบทความนี้ทำการเลือกอัลกอริทึมประสิทธิภาพสูงจากผลการวิจัยที่ผ่านมาเพื่อนำมาใช้กับระบบเข้ารหัสและถอดรหัสวิดีโอภาพมาตรฐาน H.261

## 2. วิธีการที่ปรับแต่งระบบเข้ารหัสและถอดรหัสวิดีโอภาพระบบ H.261

การปรับแต่งระบบการเข้ารหัสและถอดรหัสวิดีโอภาพระบบ H.261 จะทำโดยการพิจารณาฟังก์ชันหลักที่สำคัญในการเข้ารหัสและถอดรหัสวิดีโอภาพระบบ H.261 คือการแปลงข้อมูลระหว่างระบบสี RGB กับ YCbCr, forward และ inverse Discrete Cosine Transform (FDCT และ IDCT), การหา motion vector และการเข้ารหัสและถอดรหัส Huffman

### 2.1 การเลือกอัลกอริทึมในการแปลงข้อมูลระหว่างระบบสี RGB กับ YCbCr

ระบบสีที่ใช้ในมาตรฐาน H.261 คือระบบสี YCbCr แต่อินพุตโดยทั่วไปในระบบ video conference ซึ่งรับมาจาก video capture card มักจะเป็นระบบสี RGB ดังนั้นจำเป็นต้องมีการแปลงข้อมูลในระบบ RGB เป็น YCbCr และในทางกลับกันเอาต์พุตจากระบบ H.261 จะต้องแปลงระบบสีเป็น RGB ก่อนที่จะถูกแสดงผลบนจอภาพคอมพิวเตอร์ โดยมีสมการดังนี้

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \frac{1}{256} \begin{bmatrix} 65.738 & 129.057 & 25.064 \\ -37.945 & -74.494 & 112.439 \\ 112.439 & -94.154 & -18.285 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} \quad \dots(1)$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \frac{1}{256} \begin{bmatrix} 298.082 & 0 & 408.583 \\ 298.082 & -100.291 & -208.120 \\ 298.082 & 516.411 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y - 16 \\ Cb - 128 \\ Cr - 128 \end{bmatrix} \quad \dots(2)$$

การคำนวณค่าสีของพิกเซลจาก RGB เป็น YCbCr สามารถแยกออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่เป็นตารางสีและกรณี true colors ในกรณีที่เป็นการตารางสีจะทำการแปลงตารางสีเพียงครั้งเดียว ส่วนในกรณีของ true color จะต้องทำการแปลงค่าสีของทุกจุดพิกเซล การคำนวณค่าสีของพิกเซลจาก RGB เป็น YCbCr และ YCbCr เป็น RGB จะใช้อัลกอริทึม Dither ซึ่งเปลี่ยนการคูณแบบทศนิยมเป็นการคูณด้วยจำนวนเต็มและการหารด้วยเลื่อนบิตซึ่งเป็นการประมาณด้วยการปัดเศษและการคูณจำนวนเต็มทั้งหมดจะถูกคำนวณไว้ล่วงหน้าและเก็บไว้ในหน่วยความจำเพื่อสามารถดึงมาใช้งานได้ทันทีโดยไม่ต้องคำนวณซ้ำอีก

### 2.2 การเลือกอัลกอริทึมในการ FDCT และ IDCT

การแปลงข้อมูล FDCT และ IDCT เป็นอัลกอริทึมหลักในการเข้ารหัสและถอดรหัสวิดีโอภาพโดยมีสมการ FDCT และ IDCT ดังนี้

$$F(u, v) = \frac{C(u)C(v)}{4} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 f(x, y) \cos\left(\frac{(2x+1)u\pi}{16}\right) \cos\left(\frac{(2y+1)v\pi}{16}\right) \quad \dots(3)$$

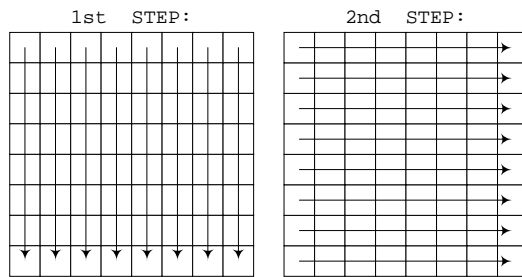
$$f(x, y) = \frac{1}{4} \sum_{u=0}^7 \sum_{v=0}^7 C(u)C(v)F(u, v) \cos\left(\frac{(2x+1)u\pi}{16}\right) \cos\left(\frac{(2y+1)v\pi}{16}\right) \quad \dots(4)$$

เมื่อ  $x, y$  คือ spatial coordinate ในบล็อกรูปขนาด 8x8  
 $u, v$  คือ coordinate ใน transform domain

$$C(i) = \frac{1}{\sqrt{2}} \text{ เมื่อ } i = 0 \text{ และ } C(i) = 1 \text{ เมื่อ } i \neq 0$$

2D-DCT สามารถแบ่งออกเป็นโดยการแปลงข้อมูล 1D-DCT 2 ครั้งโดยจะแปลง DCT แถวข้อมูลในแนวตั้งก่อนซึ่งผลที่ได้ถูกแปลง DCT แถวในแนวนอนอีกครั้งหนึ่งดังรูปที่ 1<sup>[1]</sup>

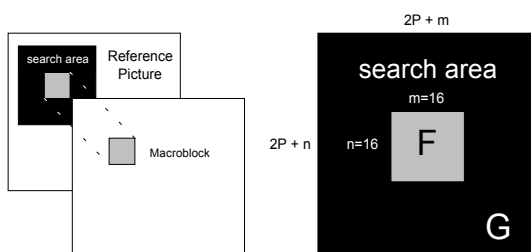
อัลกอริทึมสำหรับ 1D-DCT หลายวิธีถูกเสนอขึ้นมาภายในช่วงเวลา 15 ปีที่ผ่านมา รวมทั้งอัลกอริทึมของ Chen<sup>[2]</sup> ที่มีพื้นฐานบน sparse matrix factorization โดยได้ลดจำนวน arithmetic operation ลงเหลือเป็นการคูณ 16 ครั้งและการบวก 26 ครั้งต่อการแปลง 1D-DCT ข้อมูล 8 จุด



รูปที่ 1. แสดงการแปลง 2-D DCT โดยการทำ 1-D DCT 2 ขั้นตอน

### 2.3 การเลือกอัลกอริธึมในการหา motion vector

การหา motion vector มีหลายวิธีที่ใช้ได้กับตัวเข้ารหัส โดยวิธีที่มีการคำนวณมากจะให้ผลที่ดีกว่าแต่ก็ต้องใช้กำลังการคำนวณที่สูงกว่า จึงทำให้ต้องมีการหาจุดสมดุลระหว่างกำลังในการคำนวณกับคุณภาพของวิดีโอภาพที่ต้องการโดยวิธีการหา motion vector ที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือเทคนิค block-matching เป้าหมายของเทคนิคนี้คือการประมาณค่า motion vector ของบล็อกขนาด  $m \times n$  (16x16) ในเฟรมปัจจุบันเทียบกับพิกเซลในเฟรมอ้างอิง (เฟรมในอดีตหรืออนาคต) บล็อกจะถูกเปรียบเทียบกับบล็อกที่เกี่ยวข้องภายในพื้นที่ search area ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2. แสดงวิธีการหา motion vector ด้วยเทคนิค block-matching

เทคนิค block-matching จะอาศัยใช้การหา cost function ของค่า luminance จุดต่อจุดระหว่าง macroblock ปัจจุบันกับค่าภายใน search area ที่มีค่าน้อยที่สุด โดย cost function มีอยู่หลายรูปแบบเช่น

- Mean-Absolute Difference (MAD) ดังสมการ

$$MAD(dx, dy) = \frac{1}{mn} \sum_{i=-n/2}^{n/2} \sum_{j=-m/2}^{m/2} |F(i, j) - G(i + dx, j + dy)| \quad \dots(5)$$

- Mean-Squared Difference (MSD) ดังสมการ

$$MSD(dx, dy) = \frac{1}{mn} \sum_{i=-n/2}^{n/2} \sum_{j=-m/2}^{m/2} [F(i, j) - G(i + dx, j + dy)]^2 \quad \dots(6)$$

- Cross-Correlation Function (CCF) ดังสมการ

$$CCF(dx, dy) = \frac{\sum_i \sum_j F(i, j)G(i + dx, j + dy)}{\left(\sum_i \sum_j F^2(i, j)\right)^{1/2} \left(\sum_i \sum_j G^2(i + dx, j + dy)\right)^{1/2}} \quad \dots(7)$$

เมื่อ  $F(i, j)$  คือข้อมูล macroblock ขนาด  $m \times n$  จากเฟรมปัจจุบัน

$G(i, j)$  คือข้อมูล macroblock ขนาดเดียวกันจากเฟรมอ้างอิง (ในอดีตหรืออนาคต)

$(dx, dy)$  คือ vector ที่แสดงตำแหน่งของการหา cost function โดยมีช่วงการหา  $dx = [-p, +p]$  และ  $dy = [-p, +p]$

เนื่องจากการหา cost function ตลอดทั้งพื้นที่ search area ซึ่งเรียกว่า exhaustive ต้องสิ้นเปลืองพลังการคำนวณสูง จึงได้มีการใช้เทคนิคอัลกอริธึมที่ช่วยในการหา minimum cost function ขึ้นด้วยการคำนวณที่น้อยครั้งกว่าเช่นอัลกอริธึม logarithmic ที่อาศัยการแบ่งหาการ cost function เป็นลำดับ ๆ โดยระยะในการหาจะสั้นลงในแต่ละลำดับและทิศทางในการหาจะขึ้นอยู่กับค่า cost function ที่หาได้ในลำดับที่ผ่านมา ยกตัวอย่างดังรูปที่ 3

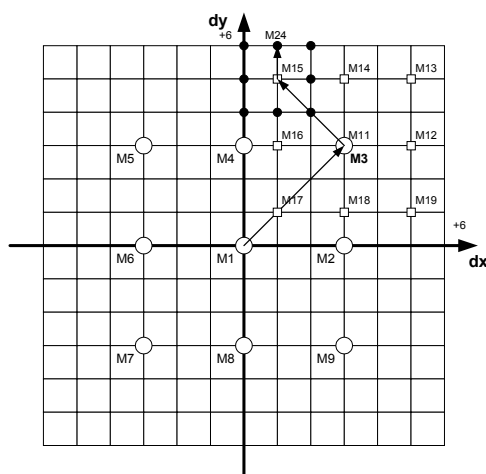
จากรูปแสดงตัวอย่างการหา motion vector ในช่วง  $\pm 6$  พิกเซล โดยแบ่งการหาเป็นลำดับได้เป็น 4 ลำดับโดยแต่ละลำดับจะมีระยะในการหา คือ 3 2 1 พิกเซลตามลำดับ

- ลำดับแรกระยะ 3 พิกเซลหาที่ตำแหน่ง M1-M9 โดยมีจุดอ้างอิง (0,0) เป็นจุดศูนย์กลางซึ่งได้ค่า cost function ต่ำที่สุดที่ตำแหน่ง M3

- ลำดับที่สองระยะ 2 พิกเซลหาที่ตำแหน่ง M11-M19 โดยมีตำแหน่ง M3 จากลำดับที่แล้วเป็นจุดศูนย์กลางซึ่งได้ค่า cost function ต่ำที่สุดที่ตำแหน่ง M15

- ลำดับสุดท้ายระยะ 1 พิกเซลหาที่ตำแหน่งพิกเซลรอบจุด M15 ซึ่งจะได้ cost function ต่ำสุดที่ตำแหน่ง M24

ดังนั้น motion vector คือ vector จากจุด (0,0) ไปยังจุด M24



รูปที่ 3. แสดงตัวอย่างการหา motion vector โดยใช้ลอการิทึม logarithmic

## 2.4 การเลือกอัลกอริทึมในการเข้ารหัสและถอดรหัส Huffman

เนื่องจากตาราง huffman ที่ใช้ในการเข้ารหัสวิดีโอภาพได้ถูกกำหนดไว้แล้ว ทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้อัลกอริทึมที่ซับซ้อนในการเข้ารหัสเพียงแต่กำหนดค่าตาราง huffman ทั้งหมดไว้ในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์เพื่อความรวดเร็วในการประมวลผล ส่วนการถอดรหัสจำเป็นต้องใช้อัลกอริทึมเพื่อให้การถอดรหัสมีความรวดเร็วและใช้หน่วยความจำอย่างมีประสิทธิภาพ อัลกอริทึมที่ใช้ในการถอดรหัส huffman ที่ใช้กันทั่วไปคือวิธีการสร้าง look-up table แต่เนื่องจากการสร้างตาราง look-up table นี้ต้องครอบคลุมค่าที่เป็นไปได้ทั้งหมดภายในตาราง huffman (คือ  $2^n$  เมื่อ  $n$  คือความยาวของ codeword ที่ยาวที่สุดในตาราง) ทำให้การสร้าง look-up table สำหรับตาราง huffman ซึ่งมี codeword ที่ยาวมากจะทำให้ตารางมีความยาวมากซึ่งจะทำให้สิ้นเปลืองหน่วยความจำจำนวนมากในการเก็บตาราง การแก้ปัญหาเหล่านี้ทำได้โดยการแบ่ง look-up table ออกเป็นหลาย ๆ ตารางโดยกำหนดให้แต่ละตารางครอบคลุมบิตข้อมูลที่เป็นไปได้ของ codeword

จำนวนหนึ่งเช่นตาราง Transform coefficient (TCOE) มี codeword ยาวที่สุด 12 บิต การสร้าง look-up table จะแบ่งออกเป็น 2 ตารางโดยตารางแรกครอบคลุม 6 บิตแรกและตารางที่สองครอบคลุม 6 บิตที่เหลือ

## 3. ผลการทดลอง

เพื่อเปรียบเทียบอัลกอริทึมที่ได้เลือกใช้ในแต่ละฟังก์ชัน ผู้วิจัยได้สร้างโปรแกรมเข้ารหัสและถอดรหัสวิดีโอภาพระบบ H.261 ด้วยภาษา visual c++ โดยทำการทดลองบนเครื่องคอมพิวเตอร์ Pentium II 300 MHz มีหน่วยความจำ 128 MB ในระบบ Windows NT โดยรับอินพุตจาก avi file (\*.avi) และ video capture card ซึ่งใช้การ์ดและกล่องยี่ห้อ Winnov รุ่น videum ได้ผลการทดลองดังนี้

### 3.1 ผลการปรับระบบเข้ารหัสวิดีโอภาพ H.261

การเข้ารหัสวิดีโอภาพระบบ H.261 มีฟังก์ชันที่ต้องปรับ คือ การแปลงระบบสีจาก RGB เป็น YCbCr, การแปลง DCT ซึ่งมีทั้ง FDCT และ IDCT เนื่องจากต้องทำการจำลองเอาต์พุตด้านตัวถอดรหัสเพื่อสร้าง error signal ที่ถูกต้องและการหา motion vector ด้วยการหา MAD cost function ซึ่งได้ผลดังนี้ (เวลาที่วัดเป็นเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในแต่ละฟังก์ชันต่อการเข้ารหัส 1 เฟรมภาพ)

ตารางที่ 1. แสดงผลแปลงระบบสี RGB เป็นระบบสี YCbCr ระหว่างการคำนวณ Direct กับ Lookup-table ในการเข้ารหัสวิดีโอภาพระบบ H.261

วิดีโอภาพ	Direct	Dither
ขนาด QCIF	เวลา (ms)	เวลา (ms)
การบรรยาย (150 เฟรม)	14.44	2.64
ดีกอล์ฟ (307 เฟรม)	14.66	2.12
นักวาท (303 เฟรม)	15.23	2.70

ผลจากตารางแสดงให้เห็นว่าการใช้อัลกอริทึม dither ในการแปลงระบบสี RGB เป็น YCbCr ช่วยลดเวลาในการคำนวณลดประมาณ 5 เท่า

## ตารางที่ 2. แสดงผลการ DCT (FDCT และ IDCT)

ระหว่างอัลกอริทึม Direct กับ Chen's  
ในการเข้ารหัสวิดีโอภาพระบบ H.261

วิดีโอภาพ ขนาด QCIF	Direct		Chen's	
	เวลา (ms)	PSNR (dB)	เวลา (ms)	PSNR (dB)
การบรรยาย (150 เฟรม)	21.27	38.47	10.51	38.46
ดีกอลัม (307 เฟรม)	22.64	37.65	11.38	37.64
นักอวกาศ (303 เฟรม)	24.14	37.66	11.91	37.66

ผลจากตารางแสดงให้เห็นว่าการใช้อัลกอริทึม Chen's 1D-DCT ในการ FDCT และ IDCT ให้คุณภาพของวิดีโอภาพคือค่า PSNR (peak signal-to-reconstructed image) ที่เกือบเหมือนการคำนวณแบบ direct และใช้เวลาน้อยกว่าประมาณครึ่งหนึ่ง

## ตารางที่ 3. แสดงผลการหา motion vector ระหว่าง อัลกอริทึม exhaustive และ logarithmic ด้วยการ คำนวณ MAD ในการเข้ารหัสวิดีโอภาพระบบ H.261

วิดีโอภาพ ขนาด QCIF	Exhaustive		Logarithmic	
	เวลา (ms)	PSNR (dB)	เวลา (ms)	PSNR (dB)
การบรรยาย (150 เฟรม)	2.20	38.47	0.09	38.46
ดีกอลัม (307 เฟรม)	5.92	37.64	0.22	37.64
นักอวกาศ (303 เฟรม)	14.82	37.67	0.58	37.65

ผลจากตารางแสดงให้เห็นว่าอัลกอริทึม logarithmic ให้ผลการหา motion vector ที่ให้คุณภาพของวิดีโอภาพคือค่า PSNR ใกล้เคียงกับการหาแบบ full search โดยใช้เวลาน้อยกว่ามาก

## ตารางที่ 4. แสดงผลก่อนและหลัง การปรับระบบเข้ารหัสวิดีโอภาพ H.261

วิดีโอภาพ ขนาด QCIF	ก่อนการปรับ	หลังการปรับ
	เวลาเฉลี่ย (ms)	เวลาเฉลี่ย (ms)
Color conversion	14.78	2.49
FDCT, IDCT	22.68	11.27
MV search	7.65	0.30
อื่น ๆ	30.45	29.90
Frame/Sec.	13.20	22.75

ผลจากตารางเป็นผลการทดลองเฉลี่ยของการเข้ารหัสวิดีโอภาพทั้งสาม โดยเวลาอื่น ๆ ที่แสดงในตารางคือเวลาที่ใช้ในการ quantization และ dequantization, การเรียงข้อมูลแบบ zigzag, การสร้าง predictive macroblock จาก motion vector, การเข้ารหัส huffman, การแสดงผลบนจอภาพ, การอ่านไฟล์ AVI input จาก harddisk และการเขียนเอาท์พุทไฟล์ H.261 ลงใน harddisk ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการปรับแต่งระบบช่วยให้การเข้ารหัสรวดเร็วขึ้นประมาณ 70% โดยที่คุณภาพของวิดีโอภาพแทบไม่เปลี่ยนแปลงคือ PSNR ลดลง 0 dB ถึง 0.02 dB

## 3.2 ผลการปรับระบบถอดรหัสวิดีโอภาพ H.261

การถอดรหัสวิดีโอภาพระบบ H.261 มีฟังก์ชันที่ต้องปรับ คือ การแปลงระบบสีจาก YCbCr เป็น RGB, การแปลง IDCT และการถอดรหัส huffman ซึ่งได้ผลดังนี้ (เวลาที่วัดเป็นเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในแต่ละฟังก์ชันต่อการถอดรหัส 1 เฟรมภาพ)

ตารางที่ 5. แสดงผลแปลงระบบสี YCbCr เป็นระบบสี RGB ระหว่างการคำนวณ Direct กับอัลกอริทึม Dither ในการถอดรหัสวิดีโอภาพระบบ H.261

วิดีโอภาพ ขนาด QCIF	Direct	Dither
	เวลา (ms)	เวลา (ms)
การบรรยาย (150 เฟรม)	25.61	3.07
ดีกอลัม (307 เฟรม)	25.46	3.02
นักอวกาศ (303 เฟรม)	25.46	3.04

ผลจากแสดงให้เห็นว่าการใช้อัลกอริทึม Dither ช่วยลดเวลาลงได้อย่างมาก

ตารางที่ 6. แสดงผลการ IDCT ระหว่างอัลกอริทึม Direct กับ Chen's ในการถอดรหัสวิดีโอภาพระบบ H.261

วิดีโอภาพ ขนาด QCIF	Direct	Chen's
	เวลา (ms)	เวลา (ms)
การบรรยาย (150 เฟรม)	12.14	4.51
ดีกอลัม (307 เฟรม)	14.39	5.37
นักอวกาศ (303 เฟรม)	17.04	6.43

ผลจากตารางแสดงให้เห็นว่าการใช้อัลกอริทึม Chen's 1D-DCT ในการ IDCT ใช้เวลาน้อยกว่าการคำนวณโดยตรงประมาณครึ่งหนึ่ง

ตารางที่ 7. แสดงเวลาที่ใช้ในการถอดรหัส huffman ระหว่างอัลกอริทึม Direct และ Look-up table ในการถอดรหัสวิดีโอภาพระบบ H.261

วิดีโอภาพ ขนาด CIF	Direct (ms)	Look-up table (ms)
การบรรยาย (150 เฟรม)	2.64	2.28
ดีกอลัม (307 เฟรม)	2.87	2.48
นักอวกาศ (303 เฟรม)	4.20	3.61

ผลจากตารางแสดงให้เห็นว่าการถอดรหัส huffman ด้วยอัลกอริทึม look-up table ช่วยเพิ่มความเร็วในการถอดรหัสได้เล็กน้อย

ตารางที่ 8. แสดงผลก่อนและหลัง การปรับระบบถอดรหัสวิดีโอภาพ H.261

วิดีโอภาพ ขนาด QCIF	ก่อนการปรับ	หลังการปรับ
	เวลาเฉลี่ย (ms)	เวลาเฉลี่ย (ms)
Color conversion	25.51	3.04
IDCT	14.52	5.44
Huffman decoding	3.24	2.79
อื่น ๆ	9.72	9.92
Frame/Sec.	18.87	47.18

ผลจากตารางเป็นผลการทดลองเฉลี่ยของการถอดรหัสวิดีโอภาพทั้งสาม โดยเวลาอื่น ๆ ที่แสดงในตารางคือเวลาที่ใช้ในการ dequantization, การเรียงข้อมูลแบบ zigzag, การสร้าง predictive macroblock จาก motion vector, การอ่านไฟล์ H.261 จาก harddisk, การแสดงผลบนจอภาพ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการปรับแต่งระบบช่วยให้การถอดรหัสเร็วขึ้นถึงประมาณ 250%

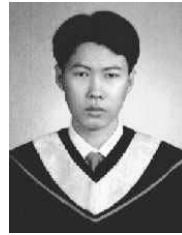


#### 4. สรุป

การทดลองกับตัวอย่างวิดีโอทั้งสามไฟล์ข้างต้นซึ่งมีลักษณะเนื้อหาของวิดีโอภาพแตกต่างกันมากแต่ได้ผลการทดลองในแนวทางเดียวกันคือเพิ่มความเร็วทั้งในส่วนการเข้ารหัสและถอดรหัสในระดับที่ใกล้เคียงกันในแต่ละฟังก์ชันที่ทำการทดลอง ทำให้สรุปได้ว่าการเลือกใช้อัลกอริทึมประสิทธิภาพสูงในฟังก์ชันการทำงานหลักของการเข้ารหัสและถอดรหัสวิดีโอภาพระบบ H.261 ส่งผลให้การทำงานมีความเร็วมากขึ้น โดยในการเข้ารหัสมีความเร็วเพิ่มขึ้นประมาณ 70% และในการถอดรหัสมีความเร็วเพิ่มขึ้นประมาณ 250%

#### เอกสารอ้างอิง

- [1] K.R. Rao and P. Yip, "Discrete Cosine Transform", Academic Press, 1990.
- [2] W.A. Chen, C. Harrison and S.C. Fralick, "A Fast computational Algorithm for Discrete Cosine Transform", *IEEE Transactions on Communications*, Vol. COM-25, No. 9, Sept. 1977. pp. 1024



**เทอดศักดิ์ ธนกิจประภา** เกิดเมื่อวันที่ 4 มีนาคม 2516, สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จากมหาวิทยาลัย เชียงใหม่ ปีการศึกษา 2536

ปัจจุบันกำลังศึกษาปริญญาโทคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



**ไกรสิน ส่องวัฒนา** เกิดเมื่อวันที่ 16 มิถุนายน 2507, ได้รับปริญญาตรี, ปริญญาโท และปริญญาเอก จาก University of Wisconsin-Madison ประเทศอเมริกา ในปี พ.ศ. 2530, 2532

และ 2536 ตามลำดับ ขณะนี้เป็นผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาโทรคมนาคมสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

## Information Security on NECTEC Management Information System

*Banchong Harangsri, Kwanchai Lumubol, Teera Phatrapornnant, Pairat Chaichanadee,  
Rachanee Komthip, Yarnawan Nitayajarn,, Chalee Vorakulpipat, Nopporn Suwannuraks,  
Wisut Kaewthong, Santipong Karukanan*  
*NectecNet : National Electronics and Computer Technology Center (NECTEC)*  
*73/1 Floor 7, Room 714, NSTDA Bldg., Rama VI Rd., Rajdhevee,  
Bangkok 10400, THAILAND*  
*Tel. (662) 644-8155-90, ext 724, Fax: (+662) 644-8027-9*  
*Email : nnetstaff@notes.nectec.or.th*

*Sunee Pongpinigpinyo*  
*Computer Centre, Silpakorn University, Sanamchan Palace Campus*  
*A.Muang, Nakorn Pathom 73000, THAILAND*  
*Email : sunee@su.ac.th*

---

### ABSTRACT

This paper is aimed at increasing the level of security of information stored on NECTEC's management information system. A main mechanism in driving this to occur is a user policy. All NECTEC users who interact with or use this information system are expected to strictly abide by this user policy. It is highly hoped that with this policy in hand, we can in part improve the security over NECTEC's management and administration information, especially sensitive information, stored on a large number of databases.

**KEY WORDS** Information Security, Security Policy, MIS, IT Policy and Management.

### บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะเพิ่มระดับความมั่นคงปลอดภัยของข้อมูลที่อยู่ในระบบสารสนเทศของ NECTEC กลไกอันหนึ่งที่สำคัญซึ่งจะเป็นตัวจักรในการทำให้สิ่งนี้เกิดขึ้นได้ก็คือนโยบายเพื่อให้ผู้ใช้ระบบคอมพิวเตอร์ปฏิบัติตาม เป็นที่คาดหวังว่าผู้ใช้จะปฏิบัติตามข้อกำหนดต่างๆที่ตั้งขึ้นอย่างเข้มงวด เพื่อจะนำไปสู่การเพิ่มระดับความมั่นคงปลอดภัยของข้อมูลอย่างแท้จริง โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลที่มีความสำคัญมากๆต่างๆซึ่งถูกจัดเก็บอยู่บนฐานข้อมูลประเภทต่างๆซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมากในระบบสารสนเทศของ NECTEC

**คำสำคัญ** ความมั่นคงปลอดภัยของข้อมูล, นโยบายเพื่อความมั่นคงปลอดภัย, ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการและการบริหาร, นโยบายและการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ

---

### 1. Introduction

With the advent of Information Age, IT policy and management plays a critical role to businesses, firms, companies, organisations, institutions, and academia partly in directing how employees work and cooperate so as to increase the operational productivity, efficiency, speed, and flexibility as well as the security of the working environment. Well-planned and well-thought-out IT policy and management will potentially lead the business to the high performance and capacity for the working environment.

This paper is aimed at boosting the level of security of information stored on NECTEC's

management information system (MIS) [15], as a result safeguarding the invaluable resource, namely large volumes of NECTEC's information against potential threats that can be detrimental to the integrity of the MIS. A main mechanism in driving this to happen is a user policy which we call NectecNet Usage Policy. All NECTEC users are expected to strictly abide by this user policy.

Over recent years information security has gained more and more attention. This is chiefly because electronically accessible information has been stored more and more into computing systems. In computing systems, personal computers, workstations, networks, and any other communication media are used to disseminate,

access, and manipulate information so widely that threats in various forms over information stored can take place if insufficient care is taken. Threats can be non-trivial, especially leading to financial, legal and reputation matters and hence managers should pay great attention on the security over information they maintain.

As an information system, our NectecNet (NECTEC's Intranet) system is one that serves to disseminate and manipulate information mainly for management and administration of NECTEC. The system is thus exposed to information threats. (Readers interested in the foundation, objectives, implementation, progress, and milestones (our achievements) of NectecNet can be found in the lab profile [12].)

In addition, we have adopted the information infrastructure in [6] developed and used by the U.S. National Information Infrastructure, to use with our information system. (Simply speaking, an information infrastructure means both all hardware and software that supports using information under NectecNet's responsibility.) The adopted information infrastructure has to address the security concerns [7] over the infrastructure. Our information system therefore has also to take account of the security of information maintained in it.

Before we proceed, let us introduce necessary terms that we will frequently refer to in this paper.

### Terms

- *The NectecNet system* incorporates the network, all hardware, software, information, data, databases, computing facilities under NectecNet's responsibility.
- *Lotus Notes* [14] Operating as the backbone for NectecNet to provide the Intranet technology, Lotus Notes is software for which the NectecNet staff takes full responsibility.

Three main tasks performed by this software are document database management, workflow, and messaging among five office locations (see Figure 1 also) belonging to NECTEC.

- *Databases* Otherwise mentioned, referring to this term, we mean document databases created by users via Lotus Notes.
- *A user* means not only a NECTEC's employee who accesses or uses the NectecNet system but also a user who has some cooperation, coordination or collaboration in some way with NECTEC.

Below we discuss about security risks posed over information and point to how to obtain security over it.

## 1.1 Information Security Risks are Real

A number of security risks posed over the business (NECTEC's) information include:

- *Human errors and omissions* People constitute the greatest threat to their information system [5]. From a source in [13], human errors and omissions take account of 65% which is very high. Potential losses include accidentally deleting files, incorrectly updating files/databases, equipment failures which could also destroy information, and the door of a server room left unlocked.
- *Computer crime* entails unlawful access to information, manipulation of information in a manner that illegally benefits the perpetrator, vandalism of hardware and software, and even deliberate sabotage.

Below we list a number of security incidents that took place with NECTEC in the past decade.

One case that occurred to NECTEC about one and a half year ago is that a hacker was able to break into NECTEC's internal network and a major UNIX host and removed all files of the UNIX host from the root directory. This is a very disastrous and devastating security incident and caused a major loss of information to all users at that time.

Being a lab in NECTEC, High Performance Computing Center (HPCC) got hacked a number of times into its computer system running Linux as its operating system. Luckily little or no information loss occurred.

Running SunOS 4.1.3, a UNIX SunSparc host of Computer Technology and Automation (CTL) lab's was hacked in 1998. The machine was unable to boot and had to be re-installed from scratch. Fortunately no information loss occurred.

There was one time that the hacker broke into a NECTEC's UNIX host and left a Trojan horse version of the login program on it. This login version then created the trap door to the hacker to log in to the host at any time.

- *Criminal Mischief* encompasses information pilferage perhaps committed by employees and thus possibly our users in the organisation and thus NECTEC to sell to anyone else outside.
- *Computer Viruses* Software import, e.g., via FTP, downloading attached files from e-mail, downloading Java/ActiveX applets, may introduce viruses, Trojan horses and other related threats to our information system.
- *Policy Weaknesses* [9] incorporates weaknesses or vulnerabilities in the policies used in the organisation, such as about

physical access controls, security administration, disaster recovery and backup.

A security incident about disaster recovery and backup took place with NECTEC in 1997. Lotus Notes, which operates as the backbone for NECTEC's Intranet, crashed in that year which caused a major loss of information to all users.

This catastrophic incident is a nightmare experience to all of us and to remind that a "good" contingency plan, regarding system backup is essential to any computerised MIS.

- *Disasters* such as floods, lightening, fire, power failures, temperature (too high, for example), humidity, sudden surges in electrical power can pose a huge damaging potential for loss of information.

## 1.2 How to Obtain Information Security

To reduce information security risks to an acceptable level, an information security plan (program) should be developed and address the aforementioned information security risks as a minimum. Such a security plan we have in hand thus far consists of:

- A user policy or NectecNet Usage Policy that codifies how NectecNet's information infrastructure would be used by all users appropriately and securely. This policy is now being considered by the NECTEC Board of Executives to be approved into actual practice after passing through the process of modification, addition and/or adjustment by the board.
- A training course for information security. This course is aimed at educating all users to be aware of and understand about threats to information as well as networks and computers. Users will also learn how to interact with or make use of information, networks, and computers in a secure and efficient manner.

This paper is aimed at creating the user policy mentioned above so that all users will comply. It is highly hoped that by following this policy, information security risks will be reduced to a certain level. (This security means when combined with other means, such as the training above, will potentially reduce the risks to an acceptable level.)

The following is the structure of presentation in order in this paper:

- *Previous related work (section 2)*: We mention about the previous related work influencing the development of the user policy in this paper.
- *Policy scope and applicability (section 3)*: Define a policy scope and what the user policy

applies to.

- *Security policies (section 4)*: Briefly describe security policies that all users should strictly abide by. For the complete version of these policies, we refer the reader to [10,11].
- *Policy agreement (section 5)*: To enforce the security policies, we need to get any user who wishes to use the NectecNet system to sign agreement with the conditions defined in this section prior to beginning to use the NectecNet system.
- *Conclusion (section 6)*: What do we achieve in this paper?, and what next do we plan to do?

## 2. Previous Related Work

The ideas in this paper of security policy have principally been developed from a number of security policy sources in [1,2,3,4]. The security policies from those sources have been created and used individually in a certain computing environment. That is, security policy will vary from a computing environment to environment and therefore, each computing environment will have its own *unique* security policy.

To our belief, the proposed security policy in this paper is the first and foremost attempt that has ever been created to protect NECTEC's information resources.

## 3. Policy Scope and Applicability Scope and Applicability

This policy is applicable to all users who employ the NectecNet system and to others granted the use of this system. This policy refers to or covers all NectecNet information resources, e.g., data, information, news, databases whether such resources are:

- controlled by individual users or shared with other users and
- stand-alone or networked.

The policy applies to all computing and communication facilities under NectecNet's responsibility, such as personal computers, workstations, and peripherals, e.g., tapes, external drives, and printers.

Because of the fact that approximately all 400 NECTEC users now have accounts with the NectecNet system, this implies that the scope of applicability of the security policy created here is organisation-wide to be abided by all NECTEC users.

Showing the scope of the network under our responsibility, Figure 1 also shows the connectivity among NECTEC's five office

locations: namely, CNC Building, Gypsum Building, NSTDA Building, Bangkok Thai Tower Building, and TMEC lab. Lotus Notes operates over this network chiefly to perform messaging over it. These office locations contain a large number of document databases created by Lotus Notes. These databases are under our responsibility. The 400 NECTEC users accessing these databases are distributed to work among the five locations.

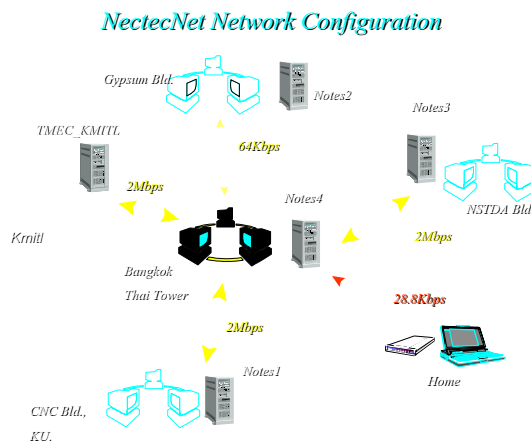


Figure 1. NectecNet's Network Connectivity.

The 400 users can be categorised into two classes. The first is the *general user* class. Users in this class can do whatever they want with their own databases but usually won't be able to do so with the databases of others.

The second is the *administrator* class. Users in this class have the highest access privilege to do whatever they want as appropriate with all databases. Some of the users in the NectecNet staff are in this second class.

## Legal Issues

NectecNet conducts all its businesses in cooperation with Thai and other foreign communities, jurisdictions, and laws. Under some circumstances, as a result of investigations, subpoena, or lawsuits related to some misconduct, NectecNet may be required by law to provide electronic or other records or other information related to those records or related to the use of information resources.

## 4. Security Policies

The following policy issues are addressed in the current NectecNet Usage Policy [10,11] but more policy issues can be added as appropriate in the future.

- Integrity of information resources

- Unauthorised access
- Physical security
- User privacy
- NectecNet system usage
- Personal and commercial use of information infrastructure
- Software import control
- Termination of access and accounts

By nature, security policies are exposed to change, addition, modification, and review after a certain period of time, such as one year. This is partly because of the technological, organisational and perhaps also economic and political changes.

Below we provide and describe a tentative policy in each category above in order. Note that in each category, there may be a number of related policies inside the category. We refer the reader to the complete version of NectecNet Usage Policy in [10,11] for all its details. The term "tentative" above is used simply because all these policies as of this writing have not yet been approved by the NECTEC Board.

### 4.1 Integrity of Information Resources

Users must respect the integrity of computer-based information resources.

#### A Tentative Policy for Modification or removal of Lotus Notes software

Users must not attempt to modify or remove without proper authorisation the Lotus Notes software either installed as a client or server of Lotus Notes.

### 4.2 Unauthorised Access

Users must refrain in any way from:

- seeking to gain unauthorised access to information resources or
- enabling unauthorised access – any attempt to make unauthorised access available.

#### A Tentative Policy

Users are not to deliberately enable other unauthorised people to access the NectecNet system.

### 4.3 Physical Security

Users should strictly comply with deeds, such as in the tentative policy below. This is in order to physically secure the NectecNet system.

#### A Tentative Policy

Normal users (who are not the NectecNet staff) are responsible for refraining from entering the Lotus Notes servers' areas, especially without the existence, accompaniment, or supervision of any of the NectecNet staff unless they are authorised to do so.

#### 4.4 User Privacy

The NectecNet staff will attempt with its best effort to do anything to ensure any user's privacy.

##### A Tentative Policy

The content of any email message of a user will not be accessed or disclosed to others, except:

- due to any serious addressing errors,
- as a result of maintaining the email system, or
- as required by law.

#### 4.5 User Behavior to the NectecNet system

Users must behave appropriately to interact with or use the NectecNet system.

##### A Tentative Policy for Password Use

- Users are to use passwords of a length specified by the system administrator – a mix of six (8) alpha and numeric characters.
- Users must keep passwords confidential and must not share passwords with anyone.
- Users never tape passwords to a wall, never keep them under a keyboard, or in other easily discoverable areas.
- Users avoid storing passwords in their computers, e.g., PCs, MacIntosh, etc.

#### 4.6 Personal and Commercial Use of Information Infrastructure

Users must assure the proper use - *personal and commercial* - of NectecNet's information infrastructure.

##### A Tentative Policy for Commercial Use

NectecNet's information infrastructure should not be used for any commercial purposes except as permitted under NECTEC's written policies, e.g., the training activity provided by Information Technology Education Division. This commercial use is normally related to NECTEC's activities, functions, or businesses.

#### 4.7 Software Import Control

Software import, e.g., via FTP, downloading Java/ActiveX applets, may introduce viruses, Trojan horses and other related threats to the NectecNet system. We need to protect our information system.

##### A Tentative Policy for Virus Prevention

Users will be trained by the NectecNet staff about the possibility of receiving viruses and other virus-related threats from the Internet and on the use of virus-scanning tools.

As a user's role, all users are expected to attend the training provided by the staff.

#### 4.8 Termination of Access and Accounts

When a user resigns from working with NECTEC by any reason (good or bad), the tentative policy below will be applied.

##### A Tentative Policy

For any user, access to the NectecNet system will be disabled immediately when the system administrator has been informed from the user's superior(s), e.g., by the user's supervisor. The following applies to the user:

- There is *no grace period* for this disability.
- The user's databases, files, and any other computer-accessible materials stored on the server (where those reside) at the time of disability will be backed up and retained on backup media for a *maximum of 2 years*.

### 5. Policy Agreement

To enforce all policies codified above, any user who wishes to use the NectecNet system must accept the statements below and sign his/her name for nonrepudiation purpose.

#### Statements for User Acceptance

A user who wishes to use the NectecNet system must assume responsibility for his or her personal actions. The user must consent to the following:

- I have been given the opportunity to read the NectecNet Usage Policy in [10,11]. I promise that my use of the NectecNet system will conform to behavioral guidelines in this policy.
- The account or access privileges I have requested are solely for my individual use. I will not grant permission to anyone else to use my computer account or access privileges.
- I am personally responsible for all use of the computing facilities on which I have an account or access privileges.

I acknowledge receipt of, understand my responsibilities to, and will strictly comply with all the policies defined in the NectecNet Usage Policy. The result of my infringement will be taken in legal and/or disciplinary action for damages or other punitive action by any injured party, including all NECTEC's users.

---

User Signature

---

Date

### 6. Conclusion

In this paper, we've proposed a user policy to secure the use of the NectecNet system. Our future work to enhance the information security over the system includes:

- Develop a security course like in [8] to train or educate all our users to be aware of and understand the secure, effective, and efficient use of the NectecNet system.

- Develop an administrative security guide to be made use of by our system administrators in managing and administering the NectecNet system.
- Perform risk analysis over a large amount of information stored on Lotus Notes in order to classify it based on its sensitivity. From the resulting classes of information, we can then apply appropriate safeguards to cost-effectively protect those classes from potential information threats that can occur.

## Acknowledgements

This user policy has basically been developed using the main sources of information in [1,2,3,4]. Most of the policy issues appearing in this paper (see also Section 4) have been taken from them with major modification to suit our own information system.

## References

- [1] *A Survey of Selected Computer Policies from Institutions of Higher Education* [http://www.brown.edu/Research/Unix\\_Admin/cuisp/](http://www.brown.edu/Research/Unix_Admin/cuisp/), 1996, Brown University. This document summarises statements from a number of policies from leading institutions of higher education in the United States and Canada.
- [2] *Stanford Computer and Network Usage Policy*, Stanford University, <http://www.stanford.edu/group/itss-ccs/security/policies/compolicy.html>, June 11, 1997. This is a computer and network usage policy used at Stanford University and developed by its Network Security Team.
- [3] *Leland Systems Usage Policy*, <http://www.stanford.edu/group/itss-ccs/security/policies/leland.usage.html>. As part of Stanford University, the Leland Systems support research and degree-granting instructional programs at Stanford University.
- [4] *Internet Security Policy*, B. Guttman and R. Bagwill, NIST Special Publication 800-XX, National Institute of Standards and Technology, Sept 27, 1998. This is a draft version whose URL is at: <http://csrc.nist.gov/isptg>
- [5] *Office Automation: A System Approach*, C. Ray, J. Palmer, and A. Wohl, South Western Educational Publishing, International Thomson Publishing, 1995, third edition.
- [6] *An Architectural Framework for the National Information Infrastructure*, Cross-Industry Working Team (XIWT), <http://www.xiwt.org/documents/documents.html>, September, 1994. This is a white paper for the American Information Infrastructure.
- [7] *A Process for Information Technology Security Policy*, Cross-Industry Working Team (XIWT), <http://www.xiwt.org/documents/documents.html>, March, 1996.
- [8] *Information Technology Security Training Requirements: A Role- and Performance-Based Model*, Dorothea E. de Zafra, Sadie I. Pitcher, John D. Tressler, John B. Ippolito, National Institute of Standards and Technology, April 1998, NIST Special Publication 800-16, Mark Wilson – Editor.
- [9] *Internet Security for Business*, Terry Bernstein, Anish B. Bhimani, Eugene Schultz, Carol A. Siegel, John Wiley & Sons, Inc, 1996.
- [10] *NectecNet Usage Policy*, NectecNet, Technical Report, Feb, 1999, NECTEC, 73/1 Floor 7, Room 714, NSTDA Bldg., Rama VI Rd., Rajdhevee, Bangkok 10400, THAILAND.
- [11] ระเบียบปฏิบัติการใช้งานคอมพิวเตอร์และเครือข่ายคอมพิวเตอร์ภายในองค์กร NECTEC, NectecNet, Technical Report, ก.พ. 2542, ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC), สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, อาคาร สวทช. ชั้น 7 เลขที่ 73/1 ถนน พระรามที่ 6 เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400, The Thai version of the NectecNet Usage Policy.
- [12] *NECTEC Information Service Center (NectecNet): NectecNet's Lab Profile*, NectecNet, Jan, 1999, ISBN 974-7578-26-3, NECTEC, 73/1 Floor 7, Room 714, NSTDA Bldg., Rama VI Rd., Rajdhevee, Bangkok 10400, THAILAND.
- [13] *Information Security Management*, Eyal Santo, Director of Sales/Asia Pacific of Voltaire Advanced Data Security. The seminar was held on July 19, 1999 at NSTDA Bldg., 73/1 Rama 6 Rd., Rachathewi, Bangkok, Thailand 10400. Hardcopy in power point format was available. Mr Santo is an expert on IT security both hardware and software from Israel.
- [14] *Application Developer's Guide for Lotus Notes*, Release 4.5, Lotus Development Corporation, 1996, 55 Cambridge Parkway, Cambridge, MA 02142. Printed in Singapore.
- [15] *NNET MIS Model*, NectecNet, Feb, 1999, NECTEC, 73/1 Floor 7, Room 714, NSTDA Bldg., Rama VI Rd., Rajdhevee, Bangkok 10400, THAILAND. Slides in power point format for NNET's MIS Model presented on Feb 15<sup>th</sup> 1999 in NectecNet version 2.0's opening.



## Improved Mixed Thai & English OCR using Two-step Neural Net Classification

Chularat Tanprasert<sup>1</sup>, Wasin Sinthupinyo<sup>1</sup>, Premnath Dubey<sup>1</sup>, and Thitipong Tanprasert<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Software Technology Laboratory,  
the National Electronics and Computer Technology Center (NECTEC),  
National Science and Technology Development Agency (NSTDA),  
Ministry of Science, Technology and Environment,  
108 Bangkok Thai Tower Building, Floor 11th, Rangnam Road,  
Phayathai, Bangkok 10400 THAILAND

<sup>2</sup>Department of Computer Science,  
Faculty of Science and Technology, Assumption University,  
Hua Mark, Bangkok, 10240, THAILAND

**ABSTRACT** -- This paper presents a new technique in applying artificial neural networks to solve the problem of Thai and English Optical Character Recognition (Thai & English OCR). The Kohonen self-organization and back propagation models are applied for rough and fine classifications to the Thai & English typed fonts, respectively. The experimental results confirm that the proposed technique is a major improvement in Thai & English OCR technology.

**KEY WORDS** -- Thai & English OCR, Kohonen self-organization, Back propagation model

**บทคัดย่อ** – บทความนี้ได้เสนอแนวทางใหม่ในการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมกับการรู้จำตัวอักษรไทยและอังกฤษ โดยใช้การจัดตัวเองแบบโคโฮเนนในการแบ่งกลุ่มตัวอักษรอย่างหยาบๆ และใช้รูปแบบการแพร่กระจายย้อนกลับในการรู้จำอย่างละเอียดอีกขั้นหนึ่ง ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการรู้จำที่สูงขึ้นสำหรับตัวอักษรไทยและอังกฤษ

**คำสำคัญ** – การรู้จำตัวอักษรไทยและอังกฤษ, การจัดตัวเองแบบโคโฮเนน, รูปแบบการแพร่กระจายย้อนกลับ

### 1. Introduction

Has continually evolved since being developed about 700 years ago, Thai language has reached the level of being standardized for computer software. However, there has been no Thai Optical Character Recognition software that produces truly satisfying result. At present, there are three commercial Thai OCR products available in Thailand for Thai typed fonts, one of them having its engine developed at NECTEC. Nevertheless, the recognition rate of such software still ranges only from 90% to 95% on the average. This results in a lot of researches being conducted for Thai OCR because the

software is now considered one of the most needed by a lot of users in Thailand.

Several different techniques have been proposed for implementing the Thai OCR problem. Some are the statistical pattern recognition techniques [3] but some are artificial neural networks [4]. The performance of those techniques are satisfactory only in the experimental level, not for using in the real life.

Most of Thai documents usually contain both Thai and English characters. Hence, OCR software in Thailand should be capable of recognizing both languages. In Thai language, there are 44 consonants, 32 vowels, 10 Thai digits, 4 tone marks, and 5 special symbols as shown in Figure 1. In addition, there are 26 capital English



letters, 26 small English letters, 10 Arabic digits, and 20 special symbols. So the total number of characters for the OCR is about 187 characters which is quite a large number for recognizing by the artificial neural networks.

**44 Consonants :** ก ข ฃ ค ฅ ฆ ง จ ฉ ช  
ช ฌ ญ ฎ ฏ ฐ ท ฒ ณ ด  
ต ถ ท ธ น บ ป ผ ฝ พ  
ฟ ภ ม ย ร ล ว ศ ษ ส  
ห พ อ ฮ

**32 Vowels :** อะ อา อิ อี อื อี้ อุ ู เอะ เอะ  
แอะ เอื้อ โอะ โอ เอาะ ออ  
เออะ เออ เอียะ เอีย เอื้อะ  
เอื้อ เวะ ัว ฤ ฦ ฦ ฎ  
อำ ไอ โ อเ

**10 Thai digits :** ๐ ๑ ๒ ๓ ๔ ๕ ๖ ๗ ๘ ๙  
**4 Tone Marks :** ่ ้ ๊ ๋  
**5 Special Symbols :** ั ั ็ ็ ็ ็ ็ ็ ็ ็

Figure 1. Illustrates all Thai Characters.

Thai characters are composed of circles, lines, curves, and zigzag as can be illustrated in Figure 1. In addition, some of them look very similar to each other such as ก ฅ ฦ, ข ฃ ช ฌ, and ค ฅ ค ฅ ค ฅ. This is one of the reasons that make Thai OCR very difficult to develop. Another problem is that - unlike English, locations of characters in a Thai sentence are organized into four levels as shown in Figure 2. This causes the difficulty for the pasting algorithm. The last point is that there is no space between words in Thai sentence, so the word cutting algorithm is required to be intelligent if the acceptable performance is to be obtained.

We have decided to apply artificial neural networks (ANN) to the problem since their capabilities match the problem, especially the ability to learn. However, due to the large total number of characters to be recognized and inherently complexity of the problem nature, the recognition rate from a straightforward application of standard back propagation

learning have seemed to be limited to a lower than user-expected level. We have experimented applying the Kohonen self-organizing feature map [2] and the back propagation algorithm [1] to perform a two-step classification of all characters. Experiments are performed to approve the technique and a remarkable improvement in recognition rate has been achieved.

พญัญชนะ ๔๔ ตัวนี้ : Characters

Figure 2. Shows Four-Level of Thai Sentence.

Following this introduction, the recognition concept for solving the specified problem is described in section 2. Next, the experimental results are discussed in section 3. Finally, the conclusion is given in section 4.

## 2. Thai Character Recognition Concept

Since there are several neural network approaches that have been applied successfully for characters recognition problems for other languages, we have experimented applying ANN to solve the problem as described in [4] and have pushed the recognition rate on unseen data up to around 95% for the Thai documents. That research has lead to the development of a recognition engine of a commercial Thai-and-English OCR software [6] in Thailand which have recognition rate at about 90% for mixed Thai & English documents in the trained fonts. Following such attempt, we have further investigated ANN in order to gain even better recognition rate of Thai OCR.

As mentioned above, there are 187 characters to recognize. When only the back propagation learning algorithm with multilayer perceptron is used to learn and memorize all characters, extremely large amount of character samples are required for the network to develop accurate character pattern classification. Furthermore, there are many similar characters in Thai language. This can easily guide the network to convert a local

minimum which may not relate well to the unseen data. The proposed technique aims at reducing problem size for back propagation network by breaking the recognition process into rough and fine classifications. The performance is expected to be better if we can categorize all characters into groups of similar characters and then use back propagation networks to learn to classify characters in each group. Figure 3 illustrates the concept of our recognition engine.

While the biological neural network of a human being can categorize characters based on their similarity in shape, such technique requires a high level of intelligence which can be used even with handwritten characters. However, our problem only concerns the typed characters which have rather fixed forms. It could be more supportive for the back propagation networks if the characters are categorized by another technique. Such a technique should look at each character image in the way the back propagation networks look, that is - an  $n$ -dimensional vector whose each element describes each image pixel. We have determined to use an unsupervised learning algorithm. Since the Kohonen self-organizing feature map (SOFM) is one of the most popular unsupervised model [2], the technique is applied to categorize the characters into groups. With this technique, we have to specify the number of output clusters of the input patterns which is quite difficult to determine the optimal one. If there are too few clusters, many characters will be packed into the same group which will not effectively reduce workload for the back propagation network. However, with too many clusters, while higher accuracy of each back propagation network can be expected due to the fewer characters per cluster, accuracy of clustering phase may also reduce, resulting in lower overall recognition rate.

For fine classification, the back propagation algorithm with multi-layered perceptron [1] is applied. In [4] multi-layered perceptron with back propagation training was applied to recognize the 78

Thai characters directly and the technique has shown to be very promising. In this paper, the technique concerns mixed Thai & English data which is a substantially larger data set (187 characters). However, with characters being clustered, the complexity of the problem for each back propagation network should reduce and a higher recognition rate can be expected.

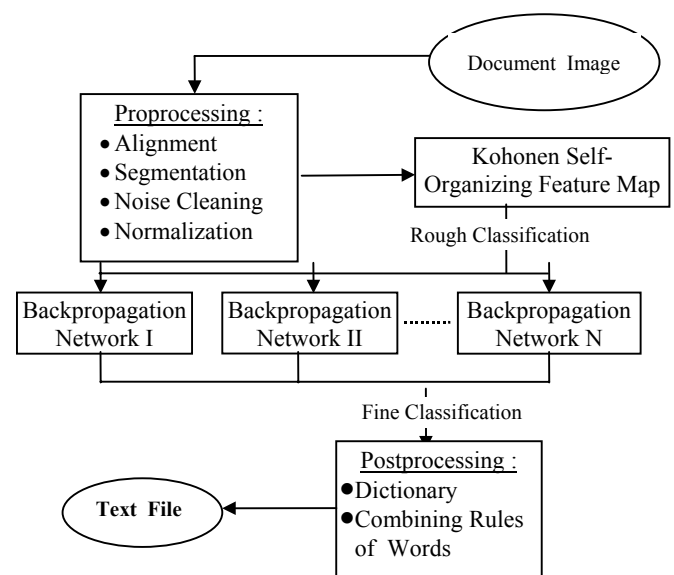


Figure. 3. Illustrates the diagram of the proposed Thai & English OCR system.

With the proposed technique, there are several parameters whose values need to be fine-tuned for example, the number of input nodes, the number of clusters of SOFM network, the number of hidden neurons for each back propagation network, the suitable values for the training parameters of each network.

### 3. Experimental Results

Experiments are conducted for the two most popular Thai & English typed characters fonts on the Microsoft Windows system, namely AngsanaUPC(AS) and BrowalliaUPC(BW). Example of alphabets in each font is shown in Figure 4. The total number of distinct characters of each font and each size is 180 characters. It is not 187 as mentioned previously because there are several Thai vowels that are combinations of other vowels as you can see in Figure 1. Therefore, we can cut such

composite vowels out of our OCR system. Each training data set includes characters from each font in 7 different sizes, in 4 styles (normal, italics, bold, italics & bold). So the total number of patterns in the training set  $7 \times 4 \times 180 = 5,040$ . However, the prepared document has been scanned with different levels of dot per inch (dpi) for obtaining several looks of each character. We have scanned the document with nine distinct dpi settings, resulting in the number of training patterns  $= 5,040 \times 9 = 45,360$  patterns. It means there are 252 distinct patterns for each character in the training set. These patterns may be clustered into different group in the rough classification step. The super-computer of High Performance Supercomputing Center of NECTEC (<http://www.nectec.or.th/bureaux/hpcc/>) is used for simulating both SOFM and back propagation networks. The problem of memory and time complexity have been handled successfully.

AngsanaUPC : จงภูมิใจเถิดที่เกิดเป็นไทย

A quick brown fog jumps over the lazy dog.

BrowalliaUPC : จงภูมิใจเถิดที่เกิดเป็นไทย

A quick brown fog jumps over the lazy dog.

Figure 4. Examples of the experimented typed fonts.

Each input document image is passed through the preprocessing techniques which include alignment (in case that the image is not in the upright position), noise cleaning, line & character segmentation, and each character's image normalization. After all preprocessing technique, image of each character is encoded in an array of size  $8 \times 8$ . This number is obtained from several experiments of several different sizes of input of Thai typed OCR in [4].

In rough classification training with the Kohonen SOFM model, the learning rate is gradually decreased and the learning process is stopped when no more weight changes occur. The first experiment is for determining the proper number of clusters.

According to the probability concepts, the more the number of clusters is, the less accurate the rough classification phase will be, but that will result in the fewer characters per cluster on the average as well. An optimal number of clusters should produce the highest final recognition rate, that is - the *maximum product of rough classification accuracy and fine classification accuracy*. In determining the number of clusters, we examine the number of *distinct* characters per cluster by experimenting on four different number of clusters: 3, 5, 10, 20 clusters. The results on AS and BW fonts are shown in Table 1.1 and 1.2, respectively. The SOFM network with smaller number of clusters always result in higher number of distinct characters per cluster on the average.

Table 1.1. Shows the number of characters in each cluster of SOFM network on AS font data set.

Cluster = 3		Cluster = 5		Cluster = 10		Cluster = 20	
CR	NO	CR	NO	CR	NO	CR	NO
1	111	1	70	1	32	1	35
2	160	2	61	2	69	2	22
3	145	3	112	3	39	3	33
		4	93	4	47	4	20
		5	135	5	54	5	25
				6	66	6	5
				7	74	7	36
				8	66	8	20
				9	44	9	19
				10	31	10	16
						11	20
						12	60
						13	10
						14	25
						15	49
						16	44
						17	37
						18	53
						19	22
						20	29

Note :

CR : Cluster No.

NO : Number of distinct characters in each cluster.

From the result in Table 1.1 and 1.2, we have ruled out the use of 3 clusters simply because of two of its clusters contain too many distinct characters. Preliminary experiments by taking 5, 10, and 20 clusters for fine classification have consistently revealed that the highest final recognition rate is obtained with using 5 clusters.

Table 1.2. Shows the number of characters in each cluster of SOFM network on BW font data set.

Cluster = 3		Cluster = 5		Cluster = 10		Cluster = 20	
CR	NO	CR	NO	CR	NO	CR	NO
1	93	1	74	1	70	1	49
2	163	2	131	2	49	2	48
3	172	3	109	3	76	3	17
		4	112	4	46	4	25
		5	128	5	58	5	4
				6	68	6	30
				7	42	7	21
				8	74	8	15
				9	54	9	30
				10	54	10	32
						11	22
						12	26
						13	19
						14	58
						15	19
						16	19
						17	44
						18	53
						19	28
						20	34

Note :

CR : Cluster No.

No : Number of distinct characters in each cluster.

The recognition rate of the full Thai & English OCR system which roughly classify input characters into one of the five clusters on the unseen training font documents are summarized in Table 2. Each back propagation network contains 64 input bits, 64 hidden neurons, and the number of output nodes being equal to the number of distinct characters in each cluster. The experimental data are real two-page documents of five different point sizes, two of which having untrained point sizes. Documents are generated in both of the trained fonts. Each document is scanned with the resolution of 200 dpi (Black and White) and 300 dpi (Sharp Black and White).

As shown in Table 2, the minimum recognition rate is 95.83%, already outperforms the approximately 90% recognition rate of the technique used in [4] which is implemented in a commercial Thai & English software [6]. The average recognition rate is 97%, a new high level of Thai & English OCR performance.

Table 2. The final recognition rate based on rough classification with 5 clusters.

Font	Type of Testing Data	Recognition Rate
	trained font sizes, 300 dpi	97.59 %
AS	trained font sizes, 200 dpi	96.93 %
	untrained font sizes, 300 dpi	95.83 %
	untrained font sizes, 200 dpi	98.38 %
	trained font sizes, 300 dpi	97.13 %
BW	trained font sizes, 200 dpi	95.91 %
	untrained font sizes, 300 dpi	97.54 %
	untrained font sizes, 200 dpi	96.62 %

Since future attempt will be focused on recognizing documents which contain mixed fonts. It is interesting to see how similar the characters of various fonts are clustered by SOFM networks. Table 3 summarizes the result of using SOFM weights trained by either AngsanaUPC (1<sup>st</sup> row) or BrowalliaUPC (2<sup>nd</sup> row) font to cluster characters from other Microsoft Windows system fonts. They are CordiaUPC (CD), DilleniaUPC (DL), EucrosiaUPC (EC), FreesiaUPC (FS), IrisUPC (IR), and JasmineUPC (JM). The high average percentage of common SOFM clustering among various fonts suggests that training our two-step classifying neural networks with character sets from combined fonts could yield better recognition rate for mixed-font documents.

#### 4. Conclusion

At present, Thai & English OCR software is highly required by Thai users in all fields. The application of SOFM network to distribute the workload for back propagation learning has made the multi-layered perceptron, trained with back propagation algorithm, able to classify Thai & English characters more accurately. Finally, our two-step classification system produces significantly higher recognition rate over any existing Thai & English OCR system.

Hence, a new highly improved Thai & English OCR software could be expected in the very near future

Table 3. The percentage of SOFM clustering applied to various other fonts.

font	AS	BW
AS	100	95.0
BW	96.6	100
CD	94.2	98.0
DL	95.2	95.0
EC	98.7	96.8
FS	96.3	99.2
IR	96.8	97.0
JM	96.7	95.0

## References

- [1] D. E. Rumelhart, G. E. Hinton, and R. J. Williams, Learning Internal Representations by Error Propagation, *Parallel Distributed Processing : Explorations in the Microstructure of Cognition*, Vol. 1, Foundations, A Bradford Book, MIT Press, 1986.
- [2] HNC Neurosoftware, Self Organizing Map, *HNC Hecht-Nielsen Neuro-computers ANZA Plus*, pp. 11-1 - 11-10, 1989.
- [3] C. Kimpan and S. Walairacht, Thai Characters Recognition, *Proceedings of the Symposium on Natural Language Processing in Thailand*, pp. 196-276, March 1993.
- [4] C. Tanprasert and T. Koanantakool, Thai OCR : A Neural Network Application, *Proceedings of 1996 IEEE Region Ten Conference*, Vol. I, pp. 90-95, November 1996.
- [5] [SNNS, 1994] *SNNS (Stuttgart Neural Network Simulator) User Manual, Version 4.1*, University of Stuttgart, Institute for Parallel and Distributed High Performance Systems (IPVR), Report No. 3/94.
- [6] [ArnThai v1.0, 1997] *ArnThai Version 1.0*, the Thai & English OCR software, cooperation between the National Electronics and Computer Technology

Center (NECTEC) and ThaiSoft Company, January, 1997.



Chularat Tanprasert received her BS (Mathematics, 1<sup>st</sup> honor, 1989) from Chulalongkorn University, and her MS (1991) and PhD (1994) degrees in computer science from University of Southwestern Louisiana, USA. After her graduation, she has joined the Software and Language Engineering Laboratory (SLL) of NECTEC and worked in Thai OCR project since then. She has also been involved in a number of practical projects such as Thai word processor, web 13, and speaker identification. Her areas of interest include neural networks, pattern recognition, database systems, artificial intelligence, data mining, and knowledge base.



Wasin Sinthupinyo graduated B.Sc.(Math) from Khonkean University and M.Sc. (Computer) from Chulalongkorn University. He passed the Third Country Training Programme in "Intelligent System for Mannagement Information System Managers" course from JAPAN-SINGAPORE AI Center.Singapore. He presently is responsible for two main projects: Thai OCR Project and Web 13. He interested in Object Oriented Database Design, AI, Software Engineering and CBR.



Premnath Dubey (Prem), graduated in Computer Science from Ramkhamhaeng University, have been working at NECTEC in SLL (previously known as SWL) since April,1995. He is one in the team of Thai OCR Project. His mainly responsibility is research and development technologies in OCR for Thai and English language. His topics of interest include OOA/OOD , Component Base Development, Digital Signal Processing, Computer graphics, Distributed Computing.



Thitipong Tanprasert received his B.Engr (Electrical Engineering, 1987) from Chulalongkorn University, and his MS (1989) and PhD (1993) degrees in computer engineering from University of Southwestern Louisiana, USA. He is currently working at Assumption University as Head of computer science deparatment and Director of master degreee in computer science program. His areas of interest include neural networks, pattern recognition, VLSI, and computer architecture.

## Letters

การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ภายในประเทศไทยเป็นสิ่งจำเป็นมากในสภาวะวิกฤตเศรษฐกิจนี้ ที่เราต้องลดการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศและพัฒนาเทคโนโลยีขึ้นใช้เอง ทางศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค) ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในการกระตุ้นให้เกิดการวิจัยและพัฒนาด้านอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์พร้อมทั้งการเผยแพร่ผลงานวิจัยสู่สังคม จึงให้มีการจัดทำ "วารสารวิชาการเนคเทค (NECTEC Technical Journal) ขึ้นเพื่อเป็นสิ่งตีพิมพ์สำหรับเผยแพร่ผลงานวิชาการของนักวิจัยที่ดี สู่สังคมไทย

บทความที่จะนำเสนอจะเป็นได้ทั้งบทความภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ โดยได้จัดแบ่งรูปแบบของบทความที่จะตีพิมพ์เป็น 3 ประเภทหลักๆ ได้แก่ Full Paper, Short Paper, และ Letter ซึ่งบทความที่จะได้ตีพิมพ์จะต้องผ่านการพิจารณาตรวจสอบคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญใน

สาขานั้นๆ อย่างน้อย 3 ท่าน สำหรับในส่วนของ Letter นี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นเวทีสำหรับแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างนักวิจัยและนักวิชาการจากที่ต่างๆ เกี่ยวกับเนื้อหาและวิธีการวิจัยของบทความที่ได้รับการตีพิมพ์ไปแล้วในวารสารนี้ หรือเพื่อเสนอแนวความคิดใหม่ๆ ในการแก้ปัญหาใดปัญหาหนึ่ง ทั้งนี้เพื่อเป็นการกระตุ้นให้เกิดความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีของประเทศไทยโดยเร็วและมีประสิทธิภาพ

ในวารสารฉบับแรกนี้ขอแนะนำเสนอจดหมายจากคณะกรรมการประกวดโครงการ YSCCS ของเนคเทค ซึ่งเป็นโครงการที่ดีสำหรับนักวิทยาศาสตร์รุ่นเยาว์ของไทย เพื่อจะได้มีโอกาสแสดงความสามารถในเวทีระดับนานาชาติต่อไป

กองบรรณาธิการ

### การประกวดโครงงานสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์สำหรับนักวิทยาศาสตร์รุ่นเยาว์ Young Scientist Competition in Computer Science Project (YSCCS)

รางวัลโนเบลไพรซ์ (Nobel Prize) นับเป็นรางวัลเกียรติยศสูงสุดที่มอบให้กับบุคคลที่มีผลงานดีเด่นในด้านต่างๆ ซึ่งมีการประกวดและมอบรางวัลให้เป็นประจำทุกปี แต่รางวัลโนเบลไพรซ์ เป็นรางวัลที่จัดขึ้นเพื่อมอบสำหรับนักวิทยาศาสตร์ผู้ใหญ่ที่มีผลงานดีเด่น

สำหรับเยาวชนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (เทียบเท่ากับ grade 9 ถึง grade 12 ของระบบการศึกษาประเทศสหรัฐอเมริกา) ได้มีเวทีสำหรับการประกวดผลงานทางด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีระดับนานาชาติเช่นกัน ซึ่งได้จัดติดต่อกันมาตั้งแต่ปี

พ.ศ. 2493 โดย Science Service ซึ่งเป็นองค์กรที่มีได้มุ่งเน้นกำไร ตั้งอยู่ที่กรุงวอชิงตัน ดีซี สหรัฐอเมริกา ได้จัดการประกวดโครงงานด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมนานาชาติ (International Science and Engineering Fair : ISEF) เพื่อสนับสนุนและส่งเสริมการศึกษาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยในระยะแรกการประกวดเหล่านี้ได้ขยายวงออกไป จนมีผู้สนใจร่วมส่งผลงานจากทั่วทุกมุมโลก และได้ถือปฏิบัติกันตลอดมา ทั้งนี้โครงการและผลงานทางด้านวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมที่มีการประกวดนี้ ได้แบ่งออกเป็นสาขาต่างๆ 15 สาขา กล่าวคือ Behavioral and Social Sciences, Biochemistry, Botany, Chemistry, Earth and Space Sciences, Gerontology, Mathematics, Medicine and Health, Microbiology, Physics,

Zoology, Computer Science, Engineering, Environmental Science และโครงการประเภท Team Project สำหรับการประกวดในปีที่ผ่านมา (1998) ISEF 49<sup>th</sup> ได้มีการจัดงานขึ้นที่เมืองฟลอริดา มลรัฐเท็กซัส สหรัฐอเมริกา ระหว่างวันที่ 10 - 16 พ.ค. 2541 โดยมีผลงานเข้าประกวดทั้งสิ้น 537 โครงการจากนักวิทยาศาสตร์เยาวชนจำนวน 1,125 คน จาก 33 ประเทศและมลรัฐต่างๆ ในสหรัฐอเมริกา เป็นชาย 53% และหญิง 47% และ 15% ของเยาวชนสามารถพูดได้มากกว่า 3 ภาษา และเยาวชน 8 คนได้รับการจัดสิทธิบัตรผลงานแล้ว

สำหรับประเทศไทยนั้น ทางอินเทลคอร์ปอเรชันได้ให้การสนับสนุนตัวแทนของประเทศไทยและคณะผู้สังเกตการณ์ ในการเดินทางเข้าร่วมการประกวดผลงานทางวิทยาศาสตร์ในครั้งนั้น โดยตัวแทนประเทศไทยครั้งนั้น ได้แก่ นายชัยวุฒิ บุญญศิริวัฒน์ อายุ 18 ปี จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาปลาย จากโรงเรียนสามเสนวิทยาลัย (ปัจจุบันศึกษาต่อที่ มหาวิทยาลัยมหิดล) ด้วยผลงานโครงการพัฒนาโปรแกรม CAI เรื่อง การจำลองการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ในซอฟต์แวร์ช่วยสอนที่มี JAVA APPLET ซึ่งโครงการนี้ได้รับรางวัลชนะเลิศจากเนคเทค ในประเภทซอฟต์แวร์อินเทอร์เน็ตจากโครงการการพัฒนาซอฟต์แวร์ขนาดเล็กผลคือโครงการได้ผ่านการพิจารณาเข้าร่วมสุดท้ายและได้รับการประกาศชมเชยว่าเป็นโครงการที่น่าสนใจควรได้รับการสนับสนุนต่อไป

ในฐานะที่เนคเทคเป็นองค์กรที่สนับสนุนและส่งเสริมทางด้านอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ ที่ผ่านมาศูนย์ฯ นับว่าเป็นหน่วยงานที่สำคัญยิ่งในการผลักดันและริเริ่มโครงการทางวิทยาศาสตร์และคอมพิวเตอร์ต่างๆ เช่น โครงการการพัฒนาซอฟต์แวร์ขนาดเล็ก (2537 - ปัจจุบัน) โครงการการพัฒนาฮาร์ดแวร์ขนาดเล็ก (2539 - ปัจจุบัน) ซึ่งศูนย์ฯ ได้ให้ทุนสนับสนุนแก่นักเรียน นิสิตนักศึกษาทั้งในระดับมัธยมศึกษา และอุดมศึกษาของสถาบันต่างๆ ในประเทศไทย เป็นการริเริ่มและกระตุ้นให้เยาวชนได้ตระหนักและเห็นคุณค่าในการนำความรู้มาทำการพัฒนาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีต่างๆ ถือเป็นการยกระดับผลงานของเยาวชนไทยให้ปรากฏสู่สายตาคนทั่วไป

ศูนย์ฯ จึงได้ริเริ่มจัด การประกวดโครงงานสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์สำหรับนักวิทยาศาสตร์รุ่น

เยาว์ Young Scientist Competition in Computer Science Project (YSCCS) สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาหรือเทียบเท่าที่กำลังศึกษาอยู่ในประเทศไทย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ เปิดโอกาสให้เยาวชนได้มีโอกาสพัฒนาความรู้และผลงาน ทางด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยี อีกทั้งยังเป็นการยกระดับผลงานของเยาวชนไทยไปสู่ระดับนานาชาติ โดยโครงงานที่จะส่งเข้าประกวด ต้องเป็นโครงงานทางวิทยาการคอมพิวเตอร์ อาทิเช่น การศึกษาและพัฒนาฮาร์ดแวร์ วิศวกรรมซอฟต์แวร์ เครือข่ายอินเทอร์เน็ตและการสื่อสาร กราฟฟิก (รวมถึงส่วนเชื่อมโยงกับผู้ใช้) การจำลองสถานการณ์ (Simulation) ความจริงเสมือน (Virtual Reality) ซึ่งรวมถึงโครงสร้างข้อมูลและการเข้ารหัส (Encryption) และทฤษฎีสารสนเทศ (Information Theory)

ทุกโครงงานที่ผ่านเข้าสู่อรอบชิงชนะเลิศจะได้รับทุนการศึกษาสนับสนุนจากศูนย์ฯ โครงงานละ 25,000.-บาท นักเรียนที่ชนะเลิศการแข่งขันโครงการ YSCCS จะได้รับทุนการศึกษา 50,000.- บาท และได้เป็นตัวแทนประเทศไทยเข้าร่วมการแข่งขันงานประกวดทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมระดับนานาชาติ Intel ISEF 50<sup>th</sup> ระหว่างวันที่ 2-8 พ.ค. 2542 ณ เมืองฟิลาเดลเฟีย มลรัฐเพนซิลวาเนีย สหรัฐอเมริกา ส่วนนักเรียนผู้ชนะการประกวดรางวัลที่ 2 และ 3 จะได้รับทุนการศึกษา ทั้งนี้ศูนย์ฯ ได้รับความสนับสนุนจากสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ และบริษัทอินเทล ไมโครอิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัดในการประสานงานเรื่องการเดินทางเข้าร่วมประกวดที่สหรัฐอเมริกา

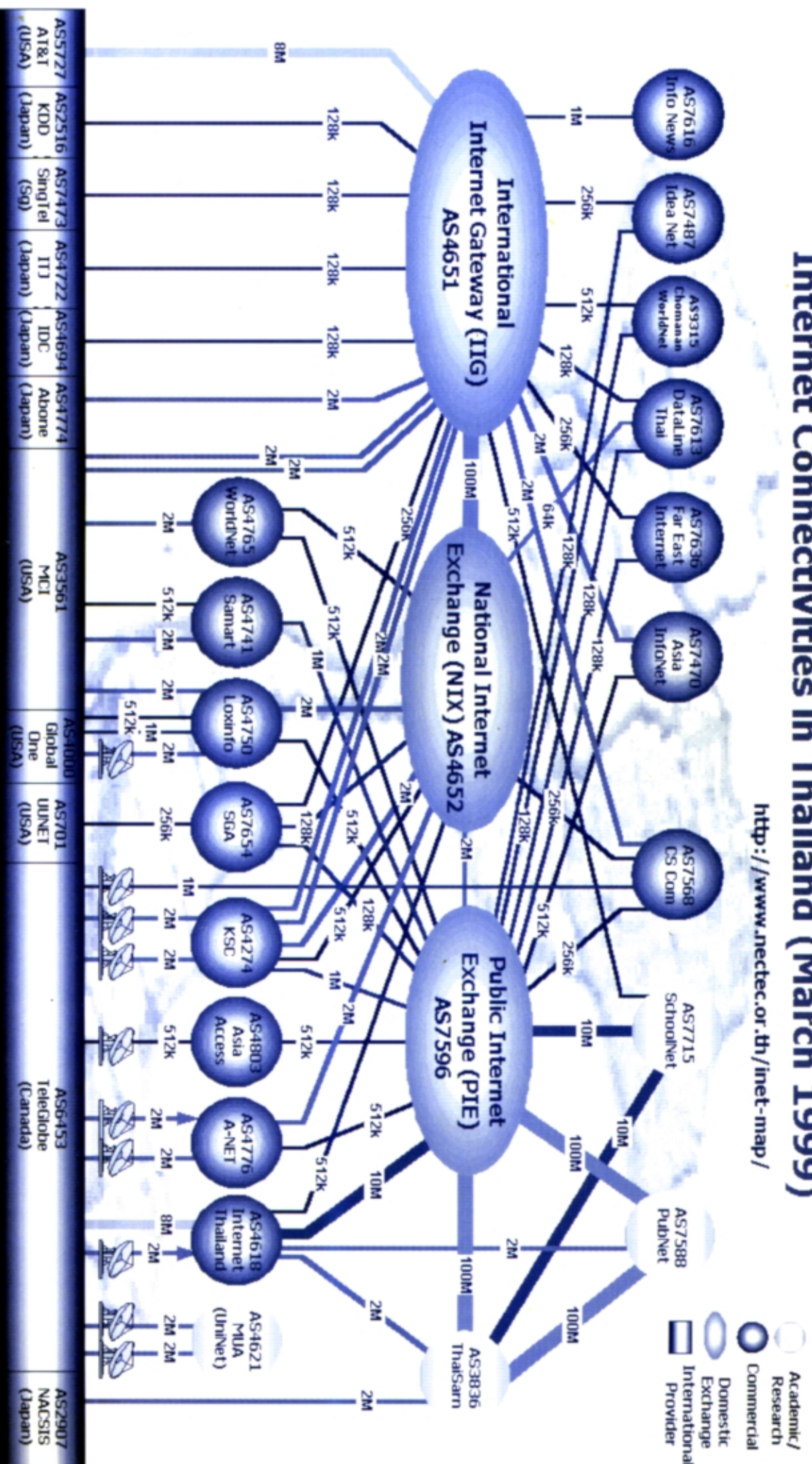
ผลงานของนักเรียนที่ส่งเข้าร่วมประกวดในปีนี้จะนำแสดงในงานประชุมวิชาการและเสนอผลงานของ สวทช. ณ ศูนย์ประชุมสหประชาชาติ วันที่ 30 มี.ค. - 1 เม.ย. ศกนี้ โดยจะมีการตัดสินผู้ชนะเลิศและมอบรางวัลในวันที่ 1 เม.ย. โดย ฯพณฯ นายสุวิทย์ คุณกิตติ รองนายกรัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม สำหรับผู้สนใจขอเชิญเข้าชมงานได้ในวันและเวลาดังกล่าว ผู้สนใจส่งผลงานเข้าประกวดในปีถัดๆ ไป ติดต่อไปที่ฝ่ายไตรภาคี เนคเทค

คณะทำงานด้านการจัดการประกวดโครงการ YSCCS



# Internet Connectivities in Thailand (March 1999)

<http://www.nectec.or.th/inet-map/>



## DISCLAIMER

Chart Date: 1999-03-01

This chart is designed, maintained and copyrighted by Vasinnee Manasrangsi, Angkana Angkulukkana and Thaweesak Koanantakool. NECTEC. All rights reserved. The information contained in this chart is based on actual measurements and estimation. We welcome update information, but reserve the rights to verify the accuracy of the given information. Please contact us at [netadmin@nec.nectec.or.th](mailto:netadmin@nec.nectec.or.th). For authoritative information please contact Communications Authority of Thailand.