รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ภายใต้การสนับสนุนจากงบประมาณสนับสนุนทุนสำหรับนักประดิษฐ์ พ.ศ. 2549
กองทุนนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

การพัฒนาซอฟต์แวร์ระบบภาพเพื่อช่วยในการวินิจฉัย และการวิจัยทางการแพทย์

The Development of Computer-Assisted Diagnostic and Medical Research Imaging Software

คำสำคัญ (Keywords)

ภาษาไทย การคำนวณภาพทางการแพทย์, การวินิจฉัยโรคโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วย, การพัฒนาซอฟต์แวร์

ภาษาอังกฤษ Medical Image Computing, Computer Aided Diagnosis, Software Development

หัวหน้าโครงการ (ชื่อภาษาไทย) ดร. ปรเมศวร์ ห่อแก้ว

(ชื่อภาษาอังกฤษ) Paramate Horkaew, B.Eng. (1st Hons.), Ph.D.

อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถนนมหาวิทยาลัย ต.สุรนารี
อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

โทรศัพท์ +66 (0) 4422 4989

โทรสาร +66 (0) 4422 4220, +66 (0) 4422 4422

E-mail phorkaew@sut.ac.th

สารบัญ

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร **2**

บทที่ 1 บทนำ **3**

ความสำคัญ และที่มาของงานวิจัย 3
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5
หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ 5
อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย 5

บทที่ 2 กรอบแนวคิดของโครงการ และปริทรรศน์นวัตกรรม **6**

แนวคิดพื้นฐาน 6
คุณสมบัติที่สำคัญของซอฟต์แวร์ 6
ระเบียบวิธีวิจัย 7
ขอบเขตของโครงการ 7
มาตรฐานข้อมูลภาพ DICOM 8
DICOM STRUCTURAL MODEL 9
ซอฟต์แวร์ระบบภาพ 10

บทที่ 3 โครงสร้างซอฟต์แวร์ และการออกแบบ **11**

โครงสร้างของซอฟต์แวร์ต้นแบบ 11
องค์ประกอบของซอฟต์แวร์ 11
ข้อกำหนดพื้นฐานของซอฟต์แวร์ 12
เทคโนโลยีการผสมผสานของ INTERFACE AGENT 12
การออกแบบ IMAGING PLATFORM (IMAGING OS) 14

บทที่ 4 ผลงานนวัตกรรมซอฟต์แวร์ต้นแบบ **15**

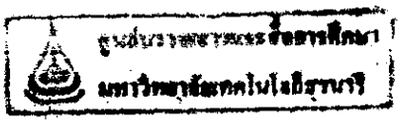
IMAGE DATABASE BROWSER 15
INFORMATION PANEL (STUDY AND SERIES INFORMATION) 15
ICONIC IMAGES DISPLAY 16
MAIN DISPLAY PANEL 16
3D VISUALIZATION MODULE 17
INTENSITY HISTOGRAM 18
WINDOW AND LEVEL CONTROL 18
IMAGE SPECIFIC INFORMATION 18
PANORAMA VIEW 19
GENERIC TOOLBARS* 19
REPORT GENERATOR 20
INTERFACES WITH THE PROCESSING MODULE 21
Statistical Shape Training *21*
Semi-automatic Structure Recognition *22*

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย **23**

งานวิจัยต่อยอดในส่วนของ PROCESSING MODULE 23
แผนการวิจัยและพัฒนาระยะที่สอง 24

เอกสารอ้างอิง **25**

The Development of Computer Assisted Diagnostic and Medical Research Imaging Software © 2007 All Rights Reserved



บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

During the past decades, Medical Imaging has played major roles in Computer-Assisted Diagnosis (CAD). With the recent advances in computational capability, imaging is now moving from being primarily diagnostic modality to therapeutic and interventional aid. Furthermore, with the recent developments in minimal access and Robotic Assisted Surgery (RAS), inline with the rapid emergence of biomechanic and heamodynamic modeling paradigms, the requirements for computational imaging has now reached the new height. Thus far, the state-of-the-art in these fronts has taken a long process from R&D to actual commercialization, putting CAD in full clinical environments on hold. In bridging this gap, our unit, supported by The Innovation Development Fund, in Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn, has developed a computational framework, which contains basic functional features frequently required in clinical practices. A set compatibility protocols have been defined such that novel CAD algorithms can be readily interfaced with minimal turn-around. As a result, with the perceptions of rapid technology transfer, medical personals are encouraged to fully participate in this challenging multi--disciplinary collaboration, and thus further enhancing the real progress in the fields.

In recent academic realm, we have seen a rapid surge in CAD research activities, mainly in terms of ideas and published articles. Despite its rapid emergence, CAD has unfortunately faced difficulties in attracting interests and participation from its targeted customers, e.g., medical personnel. Only few grounds - breaking research has, to date, made it off the shelf to software actually used in clinical environment. One of the major barriers is the fact that implementing CAD algorithms draws expertise from both clinical and computing areas. The lacks of investments on this human factor as well as the infrastructure required to commercialize the software into used has, so far prevented smaller research institutes to get involved. Moreover, attracting medical research partners is also a challenge. Although their experiences are most valuable in the design process of CAD software, they are, on many occasions reluctant to commit based primarily on computer simulations. On the other hand, many research centers that develop the software do not have access to state-of-the-art imaging facilities nor the patient imaging data in order to perform in vivo experiments as do the medical institutes.

To bridge the gap and encourage the collaboration between the computational and clinical fronts we have developed a computational framework that can integrate the new CAD algorithms, based on the PACS (Picture Archiving and Communication System) technology. The framework can launch the CAD software into clinical practices with only fraction of conventional turn-around. In its simple form, it contains the imaging functions frequently required, e.g., browsing, enhancing and annotating ROIs. Based on DICOM interface, it provides the socket for the third party software developers to incorporate their algorithm with minimal access to its internal mechanism.

 © 2007 All Rights Reserved

บทที่ 1 บทนำ

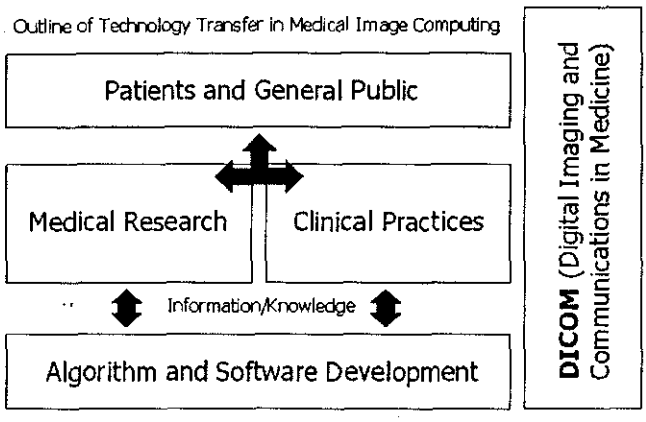
ความสำคัญ และที่มาของงานวิจัย

ปัญหาด้านสุขภาพเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งในการบั่นทอนคุณภาพชีวิตของประชากร สำหรับใน ประเทศไทยเอง จากการศึกษาและวิเคราะห์เชิงมหภาคได้มีการบ่งชี้ว่าส่วนหนึ่งเป็นผลสืบเนื่อง มาจากปัญหาความยากจนและการขาดความรู้ความเข้าใจด้านโภชนาการ และชีวะอนามัยที่ถูกต้อง อย่างไรก็ดีไม่เพียง เฉพาะประชากรในท้องถิ่นชนบทเท่านั้นที่ได้รับผลกระทบจากปัจจัยดังกล่าว แม้แต่ในเขตชุมชนเมืองเอง การขยายตัวอย่างรวดเร็วทางเศรษฐกิจ รวมถึงการปรับเปลี่ยนทัศนคติ และวิถีการดำเนินชีวิตของประชากร ได้มีส่วน กระตุ้นให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพหลายประการ อาทิเช่น อาการป่วยของระบบประสาท โรคเกี่ยวกับหัวใจ และหลอดเลือด หรือแม้กระทั่งการทุพลภาพอันเนื่องมาจากอุบัติเหตุ เป็นต้น นอกจากนี้ ในระยะไม่กี่ปีที่ผ่านมาได้มี โรคภัยใหม่ๆอุบัติขึ้น อย่างต่อเนื่อง และแพร่กระจายไปยังประเทศต่างๆ ทั่วโลกอย่างรวดเร็ว ด้วยเหตุนี้ จึงเป็นที่ยอมรับในปัจจุบันว่าปัญหา ด้านสุขภาพได้กลายเป็นภาระอันหนักหน่วงของหน่วยงานภาครัฐด้านสาธารณสุข และในภาพรวมยังส่งผลเสียโดยตรง ต่อความมั่นคงทางเศรษฐกิจ และสังคมของประเทศอีกด้วย

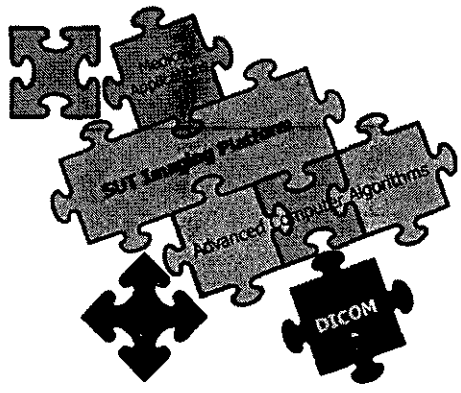
เครื่องมือซึ่งสามารถจำแนกผู้ป่วยออกจากกลุ่มเสี่ยงก็ดี ตรวจพบโรคได้ในระยะเริ่มต้นก็ดี หรือช่วยแนะแนวทาง ในการบำบัดรักษาก็ดี โดยไม่ลุกล้ำร่างกายผู้รับการตรวจรักษา จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการรับมือกับโรคภัยดังกล่าว ทั้งในแง่ของเศรษฐกิจ และคุณภาพชีวิตของผู้ป่วย ด้วยเหตุนี้ การแพทย์ในปัจจุบันจึงได้มีการประยุกต์ใช้ การถ่ายภาพ ร่วมกับการวินิจฉัยด้วยวิธีอื่นอย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยความสามารถที่ก้าวหน้ามากขึ้นของคอมพิวเตอร์ ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ระบบภาพทางการแพทย์ (Medical Imaging) ได้มีบทบาทสำคัญยิ่ง ต่อการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อ ช่วยวินิจฉัยโรค ระบบภาพยังวิวัฒนาการจากเป็นเครื่องมือ เพื่อใช้ในการวินิจฉัยโรคเป็นหลัก ไปสู่การบูรณการใน ขั้นตอนเตรียมการ และบำบัดรักษาอีกด้วย ทั้งนี้ ด้วยการสนับสนุนจากเทคโนโลยีการใช้หุ่นยนต์ ร่วมในศัลยกรรม บริเวณจำกัด (Minimal Invasive Surgery) พร้อมกับการวิจัยคิดค้นตัวยา และการบำบัดแผนใหม่ การพัฒนาดังกล่าว และแนวโน้มในการรวมระบบภาพเข้ากับการสร้างแบบจำลองสำหรับ ชีวะกลศาสตร์ และจลศาสตร์ ของระบบต่างๆ ภายใน ร่างกาย ยังนำไปสู่ความต้องการในด้านการประมวลภาพ ด้วยคอมพิวเตอร์ที่เพิ่มสูงขึ้น

ขีดความสามารถของเทคโนโลยีระบบคอมพิวเตอร์ และการวิจัยแบบบูรณการ ด้านสารสนเทศทางการแพทย์ ที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทำให้ปริมาณข้อมูลภาพ และข่าวสารอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสังเคราะห์จากเครื่องมือแพทย์ ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน มีการปรับตัวเพิ่มมากขึ้น เกินกว่าพนักงานระดับปฏิบัติการทั่วไป (เช่น ผู้ช่วยประจำห้องปฏิบัติการ และนักรังสีเทคนิค) จะสามารถวิเคราะห์ และจัดเตรียมข้อมูลเบื้องต้น เพื่อประกอบการวินิจฉัย ได้ทันกับสถานการณ์ของ โรคที่มีแนวโน้มรุนแรงขึ้นตามลำดับ ด้วยเหตุนี้เมื่อปี พ.ศ. 2540 ผู้วิจัย ร่วมกับ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (อ้างอิงข้อมูลในภาคผนวก ก ประสบการณ์การวิจัย) ได้ริเริ่ม ผลักดันให้เกิดการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ เพื่อรองรับความต้องการแบ่งเบา และกระจายภาระใน การวิเคราะห์ข้อมูลภาพอิเล็กทรอนิกส์ และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานอุปกรณ์ภาพการแพทย์ที่ยังมีราคาค่อนข้างสูง บนกรอบแนวคิดมาตรฐานการสื่อสารและการจัดเก็บข้อมูลที่ได้รับการยอมรับ ในระดับสากล (DICOM 3.0) ในช่วงระยะ 8 ปีที่ผ่านมา การวางรากฐานดังกล่าวได้กระตุ้นให้เกิดความตื่นตัวในแวดวงวิชาการ และภาคธุรกิจ ในการคิดค้นขั้นตอนวิธีใหม่ๆ ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาซอฟต์แวร์ คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการศึกษาอาการของโรค การพัฒนาเวชภัณฑ์รักษา และบริหารจัดการข้อมูลที่มีประสิทธิภาพสูง ดังแนวทางแสดงในรูป

The Development of Computer Assisted Diagnostic and Medical Research Imaging Software © 2007 All Rights Reserved



แนวทางการถ่ายทอดเทคโนโลยีไปสู่สังคม



แนวคิดของโครงการวิจัย

อย่างไรก็ดี ประโยชน์ที่สำคัญจากงานวิจัยด้านการคำนวณภาพทางการแพทย์ (Medical Image Computing) และการวินิจฉัยโรคโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วย (Computer Aided Diagnosis) ในปัจจุบันได้ถูกจำกัดอยู่เพียงผลวิเคราะห์ ทางสถิติของตัวชี้วัด ในสิ่งแวดล้อมห้องปฏิบัติการ ทำให้การถ่ายทอดเทคโนโลยีจากงานวิจัย ไปสู่การผลิตซอฟต์แวร์ ที่สามารถใช้งานได้จริงเชิงคลินิกยังขาดความต่อเนื่อง

ด้วยความจำเป็นดังกล่าวข้างต้น โครงการนี้ (โดยการสนับสนุนจาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี) จึงได้เสนอการวิจัยและพัฒนาซอฟต์แวร์ระบบปฏิบัติการ ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกลาง เชื่อมโยงระหว่างขั้นตอนวิธีจากงานวิจัยด้านเทคโนโลยีระบบคอมพิวเตอร์ไปสู่การใช้งานจริง ในการวินิจฉัย และวิจัยทาง การแพทย์ ซึ่งมีความน่าเชื่อถือสูง เพื่อแจกจ่ายให้กับหน่วยงานให้บริการสาธารณสุข และสถาบันการศึกษา ที่มีความประสงค์จะเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงาน โครงการนี้นอกจากจะเป็นการต่อยอด บนรากฐานระบบ สารสนเทศทางการแพทย์ เพื่อนำไปสู่การใช้งานจริงเชิงคลินิกแล้ว ยังมีเป้าหมายรอง ในการนำเสนอระบบคอมพิวเตอร์ ช่วยวินิจฉัยต้นแบบ เพื่อกระตุ้นให้เกิดการวิจัย – พัฒนาเทคโนโลยีในวงกว้าง และเป็นการส่งเสริมมูลค่าเพิ่มของงานวิจัย ก่อให้เกิดการพัฒนาแบบยั่งยืน ทางเศรษฐกิจ และสังคมของประเทศ

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1) พัฒนาซอฟท์แวร์ระบบปฏิบัติการซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกลางเชื่อมโยงระหว่างขั้นตอนวิธีจากงานวิจัยด้านเทคโนโลยีระบบคอมพิวเตอร์ ไปสู่การใช้งานในการวินิจฉัย และวิจัยทางการแพทย์ ซึ่งมีความน่าเชื่อถือสูง
2) ย่นระยะเวลา และลดช่วงรอยต่อระหว่างการวิจัยและพัฒนาด้านเทคโนโลยีระบบคอมพิวเตอร์ และการเผยแพร่ซอฟต์แวร์ในเชิงพาณิชย์ ซึ่งในอนาคตจะเป็นพื้นฐานอันสำคัญยิ่ง เพื่อรองรับงานวิจัยจากคณาจารย์ และบัณฑิตศึกษาในสาขาที่เกี่ยวข้อง
3) ส่งเสริมการวิจัยพื้นฐานทางด้านชีวะแพทย์และคลินิก เช่นการวิเคราะห์ตัวอย่างผู้ป่วยได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการออกแบบอวัยวะเทียม และการออกแบบเวชภัณฑ์รักษา
4) กระตุ้นให้เกิดความร่วมมืออันแข็งแกร่ง ระหว่างสำนักวิชา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง วิศวกรรมศาสตร์ และแพทย์ศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับภารกิจของมหาวิทยาลัย ด้านการวิจัยค้นคว้าเพื่อการสร้างสรรค์ จรรโลงความก้าวหน้าทางวิชาการ และนำผลการวิจัยไปปรับแปลง ถ่ายทอด และพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อให้ประเทศพึ่งพาตัวเองได้มากขึ้น

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

โครงการวิจัย และพัฒนา ซอฟต์แวร์ระบบปฏิบัติการที่เสนอ เป็นการบูรณการงานศึกษาวิจัยแบบ สหสาขาวิชา สำหรับช่วยในการวินิจฉัย และวิจัยทางการแพทย์ ผลลัพธ์ที่ได้ อยู่ในรูปของซอฟต์แวร์สำเร็จรูปที่ทำหน้าที่ เป็นตัวกลางเชื่อมโยง ระหว่างขั้นตอนวิธีอันเป็นผลสืบเนื่องมาจากงานวิจัยด้านเทคโนโลยีของนักวิจัย คณาจารย์ และบัณฑิตศึกษา และการเผยแพร่ซอฟต์แวร์ที่ใช้งานได้จริงไปสู่กลุ่มเป้าหมาย อันได้แก่บุคคลลากร ด้านสาธารณสุข ซึ่งประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับคือระบบซอฟต์แวร์สำเร็จรูป ที่ทำหน้าที่ประมวลผลจากภาพถ่าย ทางการแพทย์ และนำเสนอตัวแปรที่มีนัยสำคัญต่อการตัดสินใจ ต่อแพทย์เฉพาะทาง เพื่อใช้ประกอบการวินิจฉัย อาการของโรคและ แนะแนวทางบำบัดรักษาที่เหมาะสมกับระยะของอาการ และสถานการณ์เฉพาะของผู้ป่วย อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ นอกจากจะมีประโยชน์โดยตรง ต่อผู้เข้ารับการรักษา เช่นการวิเคราะห์และ จัดเก็บข้อมูลภาพอย่างเป็นระบบแล้ว ข้อมูลเชิงสถิติ ที่ได้จากการเฝ้าติดตามอาการ ยังสามารถนำ ไปใช้ในงานวิจัยขั้นทุติยภูมิ เช่น ในการออกแบบเวชภัณฑ์รักษาโรค หรืออวัยวะเทียม ที่เหมาะสมกับลักษณะเฉพาะของ กลุ่มผู้ป่วยในท้องถิ่นอีกด้วย

นอกจากนี้ด้วยการประสานข้อมูลผ่านทาง มาตรฐานระบบเครือข่ายสารสนเทศทางการแพทย์ โรงพยาบาลชุมชน (Local Hospitals) ศูนย์เครื่องมือถ่ายภาพเพื่อการวินิจฉัย (Diagnostic Imaging Centers) และแพทย์ ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง (Medical Specialists) ไม่จำเป็นต้องจำกัดอยู่ในสถานที่เดียวกัน ซึ่งทำให้การบริหารทรัพยากร บุคคล และการจัดสรรอุปกรณ์ทางการแพทย์ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งนำไปสู่การลดต้นทุนในการดำเนินงาน และการให้บริการทางสาธารณสุขที่สำคัญ

องค์ความรู้ และซอฟต์แวร์ต้นแบบ ที่ได้จากโครงการวิจัยนี้ สามารถใช้เป็นพื้นฐาน ในการพัฒนาระบบ คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการวินิจฉัย บนมาตรฐานร่วมเดียวกัน ทำให้การเชื่อมโยง และแลกเปลี่ยนข้อมูลที่จำเป็น ต่อการดำเนินงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และยังกระตุ้นให้เกิดการประสานพันธะกิจ ในด้านงานวิจัย และพัฒนา เทคโนโลยีในรูปแบบผสมผสาน (Multidisciplinary Research and Development) ระหว่างสถาบันวิจัยวิชาการ และ หน่วยงานด้านสาธารณสุข เพื่อส่งเสริมมูลค่าเพิ่มของงานวิจัยภายในประเทศในอนาคต

หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

โดยสรุป หน่วยงานที่สามารถนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ สามารถแจกแจงได้ดังต่อไปนี้

(1) โรงพยาบาล สถาบัน และ หน่วยงานด้านสาธารณสุข และวิทยาศาสตร์สุขภาพ

(2) มหาวิทยาลัย และสถาบันการศึกษา ที่มีการเปิดสอนวิชาสาขาแพทย์ศาสตร์

(3) องค์กรที่ดำเนินการวิจัยด้านเทคโนโลยีการบำบัด และออกแบบเวชภัณฑ์รักษา

(4) หน่วยงานเอกชน ที่พัฒนาซอฟต์แวร์ทางด้านการแพทย์ เพื่อช่วยในการวินิจฉัยโรค

(5) สถาบันการศึกษา ที่ดำเนินงานวิจัย และพัฒนาขั้นตอนวิธีด้านสารสนเทศทางการแพทย์

อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

(1) เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ความเร็ว 3.2 GHz และหน่วยความจำขนาด 1 GB พร้อมอุปกรณ์เชื่อมต่อ และซอฟต์แวร์ระบบปฏิบัติการ Windows XP

(2) Library ชุดคำสั่งการจัดเก็บและการสื่อสารข้อมูลภาพ DICOM (Commercial License) และซอฟต์แวร์แปลภาษา สำหรับใช้ในการเผยแพร่ ซอฟต์แวร์ในเชิงพาณิชย์

บทที่ 2 กรอบแนวคิดของโครงการ และปริทรรศน์นวัตกรรม

แนวคิดพื้นฐาน

ถึงแม้ว่าในปัจจุบันปรากฏความตื่นตัวในแวดวงวิชาการ และภาคธุรกิจในการคิดค้นขั้นตอนวิธีใหม่ๆ ทั้งในรูปแบบของการศึกษาค้นคว้า และการให้เงินทุนสนับสนุน ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาขั้นตอนวิธีเพื่อช่วยในการ ศึกษาอาการของโรค การพัฒนาเวชภัณฑ์รักษา และบริหารจัดการข้อมูลที่มีประสิทธิภาพสูง อย่างไรก็ดี ศักยภาพของงาน วิจัยที่สำคัญส่วนมาก ได้ถูกจำกัดอยู่เพียงผลการวิเคราะห์ทางสถิติของตัวชี้วัด ในสิ่งแวดล้อมห้องปฏิบัติการ และการเผยแพร่ เฉพาะสาระสำคัญของงานวิจัยในที่ประชุม หรือวารสารทางวิชาการเท่านั้น จึงทำให้การถ่ายทอดเทคโนโลยีไปยังกลุ่มเป้าหมายจากงานวิจัยบริสุทธิ์ สู่การผลิตซอฟต์แวร์ที่สามารถใช้งานได้จริง เชิงคลินิก ยังขาดความต่อเนื่อง ด้วยตระหนักถึงข้อสังเกตนี้ คณะผู้วิจัยจึงได้เสนอโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ ระบบปฏิบัติการพื้นฐาน ซึ่งรองรับความต้องการร่วม ของขั้นตอนวิธีด้าน การคำนวณภาพทางการแพทย์ และการวินิจฉัย โรคโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วย ซึ่งสามารถแจกแจงคุณสมบัติที่สำคัญได้ดังต่อไปนี้

คุณสมบัติที่สำคัญของซอฟต์แวร์

(1) ความสามารถในการบริหารจัดการแฟ้มข้อมูลภาพมาตรฐาน DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) 3.0 ซึ่งได้นิยามข้อกำหนดในการจัดเก็บ และการสื่อสารข้อมูลภาพ ข้อมูลของสถานพยาบาล และข้อมูลของผู้ป่วยที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดรักษา ทั้งนี้เพื่อให้ระบบซอฟท์แวร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานร่วมกับเครื่องมือกำเนิดภาพทางการแพทย์ และซอฟท์แวร์ประเภทเดียวกันได้อย่างกลมกลืน

(2) ความสามารถในการเรียกดู แก้ไข และบันทึกข้อมูลผู้ป่วย และข้อสังเกตในการวินิจฉัย และบำบัดรักษา โดยอ้างอิงกับข้อมูลภาพถ่ายทางการแพทย์

(3) ความสามารถในการปรับแต่งข้อมูลภาพพื้นฐาน เช่น ความละเอียด ความต่างชัด ความสว่าง การเข้ารหัสสี/ข้อมูล เป็นต้น

(4) ความสามารถในการเพิ่มเติม แก้ไข และบันทึก รูปทรงเรขาคณิต และข้อความ ซึ่งซ้อนทับอยู่บนข้อมูลภาพ ณ บริเวณที่สนใจ (Region of Interest: ROI)

(5) ความสามารถในการคำนวณและวิเคราะห์ ค่าทางสถิติภาย ROI

(6) ความสามารถในการแสดงผลภาพใน 3 มิติในมาตรฐานต่างๆ เช่น Ray Casting, Silhouette และ Photo-realistic Rendering เป็นต้น

(7) ความสามารถในการรองรับการเชื่อมต่อกับ ขั้นตอนวิธี และชุดคำสั่ง (Modules) สำหรับการประมวลผลข้อมูลภาพทางการแพทย์ต่างๆ ที่จะมีการ พัฒนาขึ้นในอนาคต ผ่านทางการเชื่อมต่อ (Interface) มาตรฐานที่มีประสิทธิภาพ

หัวใจสำคัญของกรอบแนวคิดการเชื่อมโยงซอฟท์แวร์ระบบปฏิบัติการที่เสนอ กับชุดคำสั่งซึ่งเป็นผลผลิตของงานวิจัยขั้นสูงที่จะมีขึ้นในอนาคต ได้แก่การออกแบบเทคนิคการเชื่อมต่อ และการถ่ายโอน สื่อสารข้อมูลภาพ ข้อความ และข้อมูลวิเคราะห์ รวมถึงการแสดงผลรายงานแบบอิเลคทรอนิกส์ที่ลงตัว ซึ่งต้องอาศัยความรู้ ความเชี่ยวชาญ ในการพัฒนาชุดคำสั่งที่มีประสิทธิภาพ ในขณะที่ยังคงจำกัดความซับซ้อนของระบบจากมุมมองของผู้ใช้ไว้ให้น้อยที่สุด

The Development of Computer Assisted Diagnostic and Medical Research Imaging Software © 2007 All Rights Reserved

ระเบียบวิธีวิจัย

(1) ศึกษาและรวบรวมสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(2) ศึกษาระบบจัดเก็บข้อมูล และการสื่อสารด้วยมาตรฐาน DICOM 3.0 รวมทั้งเงื่อนไขการประยุกต์ใช้งาน Library ที่เกี่ยวข้อง ในลักษณะ Open Source หรือ Commercial License

(3) ออกแบบมาตรฐานการเชื่อมต่อ และถ่ายโอนข้อมูลภาพระหว่างชุดคำสั่ง

(4) ออกแบบมาตรฐานการเชื่อมต่อ และถ่ายโอนข้อความ และข้อมูลวิเคราะห์ระหว่างชุดคำสั่ง

(5) ออกแบบรูปแบบการแสดงผลรายงานแบบอิเลคทรอนิกส์

(6) พัฒนากรอบการทำงานหลัก ที่รองรับมาตรฐาน DICOM สำหรับเชื่อมต่อ กับระบบที่ออกแบบ

(7) ทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของซอฟท์แวร์ที่พัฒนาขึ้น โดยเชื่อมโยงกับขั้นตอนวิธีที่ได้จากงานวิจัย

(8) จัดทำรายงานสรุปพร้อมผลของการวิจัย และประชาสัมพันธ์

ขอบเขตของโครงการ

(1) ออกแบบและพัฒนาระบบซอฟท์แวร์ปฏิบัติการเพื่อช่วยในการวินิจฉัย และวิจัยทางการแพทย์ ซึ่งมีความสามารถพื้นฐานดังรายละเอียดข้างต้น และยังสามารถรองรองขั้นตอนวิธี และชุดคำสั่งอันเป็นผลมาจากงานวิจัยบริสุทธิ์ที่จะมีการพัฒนาขึ้นในอนาคต เพื่อลดรอยต่อในการปรับแปลงและถ่ายทอดเทคโนโลยี จากผลงานวิจัย ไปสู่ผู้ใช้กลุ่มเป้าหมาย

(2) ทดสอบสมมติฐานของแนวคิดระบบซอฟท์แวร์ที่พัฒนาขึ้น โดยบูรณการร่วมกับโครงงานวิจัย การพัฒนาซอฟท์แวร์เพื่อช่วยวิเคราะห์ประสิทธิภาพการไหลเวียนโลหิตในกล้ามเนื้อหัวใจ (The Development of Myocardial Perfusion Software) ของคณะผู้วิจัยเดียวกันโดยได้รับการสนับสนุนจากเงินทุนอุดหนุนโครงการวิจัยเพื่อสนับสนุนการสร้าง และพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2548

แผนการดำเนินงานสามารถสรุปได้ดัง Gantt's Chart ต่อไปนี้

	เดือนที่											
กิจกรรม	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ศึกษาและรวบรวมสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง												
ศึกษาระบบจัดเก็บข้อมูล และการสื่อสาร												
ออกแบบมาตรฐา การเชื่อมต่อ และถ่ายโอนข้อมูล												
ออกแบบมาตรฐาน การเชื่อมต่อ และถ่ายโอนข้อความ และข้อมูลวิเคราะห์												
ออกแบบรูปแบบการแสดงผล รายงานแบบอิเลคทรอนิกส์												
พัฒนากรอบการทำงานหลัก ที่รองรับมาตรฐาน DICOM สำหรับเชื่อมต่อกับระบบที่ออกแบบ												
ทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของซอฟท์แวร์												
จัดทำรายงานสรุปพร้อมผลของการวิจัย และประชาสัมพันธ์												

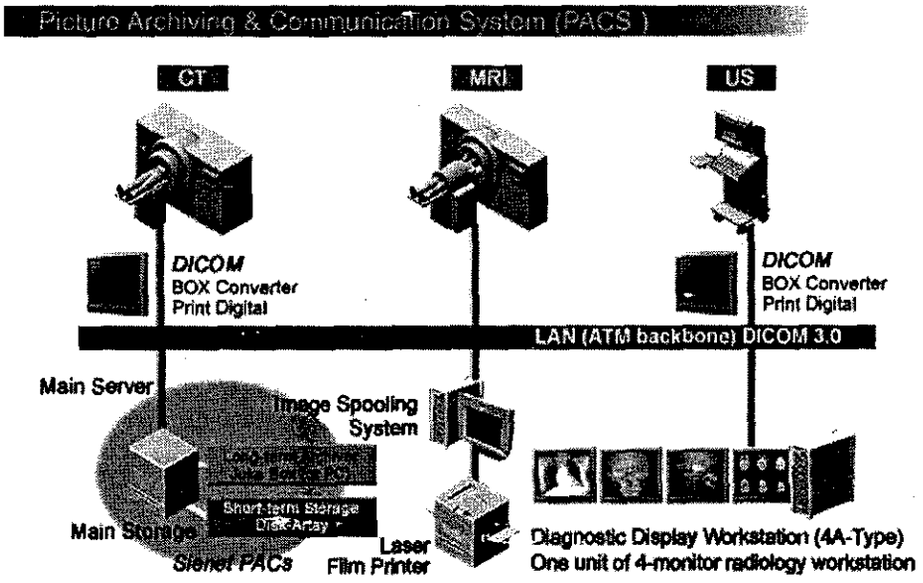
The Development of Computer Assisted Diagnostic and Medical Research Imaging Software © 2007 All Rights Reserved

มาตรฐานข้อมูลภาพ DICOM

DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) ปัจจุบันรุ่นที่ 3.0 คือมาตรฐาน ซึ่งนิยามข้อกำหนดในการจัดเก็บ และการสื่อสารข้อมูลภาพ ข้อมูลของสถานพยาบาล และข้อมูลของผู้ป่วยที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดรักษา โดย สนับสนุนการทำงานร่วมกันระหว่างอุปกรณ์ภาพการแพทย์ ทั้งนี้โดยการระบุข้อกำหนดในหัวข้อต่างๆ ต่อไปนี้

- การสื่อสารข้อมูลบนเครือข่าย ระหว่างอุปกรณ์ที่สนับสนุนมาตรฐาน DICOM
- ไวยากรณ์ และบริบทของชุดคำสั่ง และข้อมูลข่าวสารที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถแลกเปลี่ยนกันได้ระหว่างอุปกรณ์ดังกล่าว
- การสื่อสารระหว่างตัวกลาง (media) โดยนิยามชุดของบริการที่สนับสนุน รวมถึงข้อกำหนดรูปแบบของแฟ้มข้อมูล และพจนานุกรมของคำสั่ง และข้อมูลข่าวสารที่เกี่ยวข้อง
- ข้อมูลอื่นๆ ที่จำเป็นในการพัฒนาระบบซึ่งสนับสนุนมาตรฐานนี้

ระบบดังกล่าวเรียกว่า Picture Archiving and Communication System (PACS) ซึ่งภาพรวมของการทำงานของ PACS สามารถแสดงได้ดังแผนผังด้านล่าง



นอกจากนี้ DICOM ยังสามารถทำงานร่วมกับระบบสารสนเทศต่างๆ ด้านสาธารณสุขต่างๆ เช่น

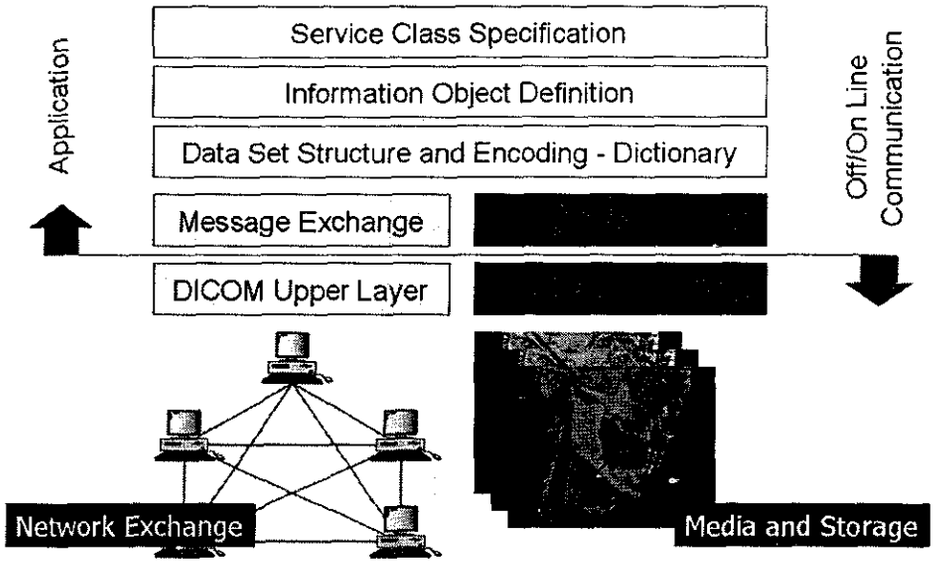
- HL7 (Health Level 7) มาตรฐานข้อกำหนดการดำเนินงานของหน่วยงานด้านสาธารณสุข
- IHE (Integrating Health Care Enterprise) มาตรฐานในการพัฒนาการแบ่งปันทรัพยากรสารสนเทศในหน่วยงานด้านสาธารณสุข
- ISO (International Organization for Standardization)
- NEMA/Medical (National Electrical Manufacturer Association) กำหนดนโยบาย และมาตรฐาน พัฒนาเครื่องมืออิเลคทรอนิคส์เพื่อใช้ในทางการแพทย์

เนื่องจากระบบ PACS อ้างอิงมาตรฐานเดียวกัน (DICOM) ทำให้การประสานพันธกิจระหว่างนักวิชาการด้านเทคโนโลยีระบบคอมพิวเตอร์ กับบุคลากรสาธารณสุข เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งนำไปสู่ การปรับแปลง และถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ปราศจากช่วงรอยต่อ

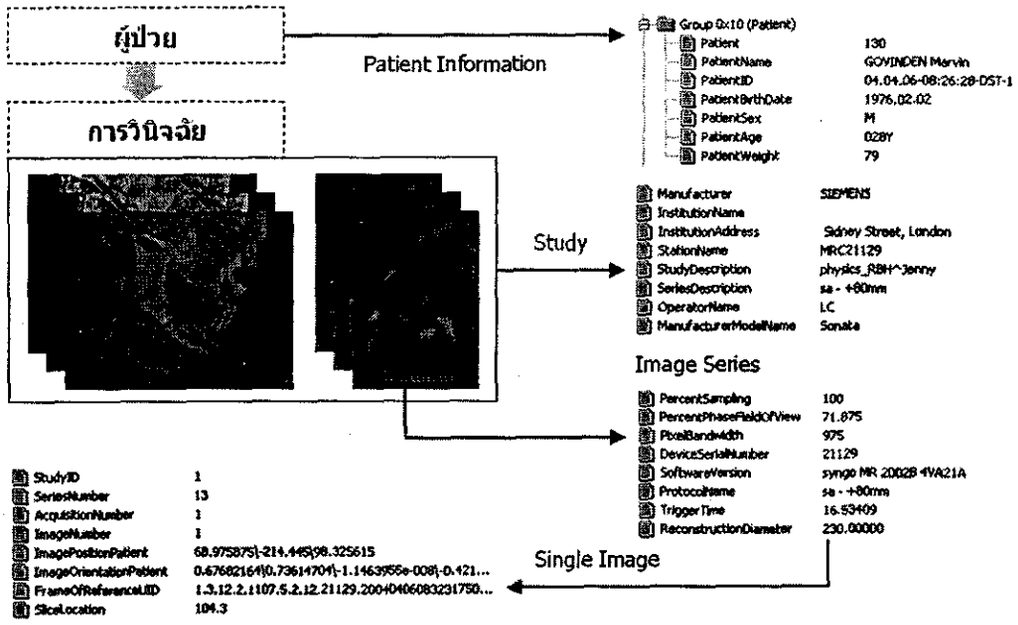
DICOM Structural MODEL

แบบจำลองโครงสร้างของ DICOM ประกอบด้วยระดับการทำงาน (Layer) สองชั้น ได้แก่

- ชั้นล่าง (Communication Layer) เป็นส่วนที่นิยามเกี่ยวกับการติดต่อสื่อสารทั้งแบบ Online (Network Exchange) และ Offline (Media and Storage) ผ่านทางข้อกำหนด DICOM Upper Layer และ Security Layer
- ชั้นบน (Application Layer) เป็นส่วนที่เชื่อมต่อโปรแกรมประยุกต์ กับส่วน Network Exchange และ Media and Storage ผ่านทางข้อกำหนด Message Exchange และ File Format ตามลำดับ



จากแผนผัง ในชั้นนี้องค์ประกอบ (Entity) ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องจะถูกนิยามไว้ใน **พจนานุกรม** (Dictionary) ในรูปของ Tag ซึ่งระบุโครงสร้างของชุดข้อมูล และการเข้ารหัสข้อมูล แต่ละชนิด ในลำดับถัดไปข้อมูลแต่ละชนิด จะถูกจัดจำแนกเป็นกลุ่มและนิยามเรียกว่า **วัตถุ** (Object) เช่น ข้อมูลการวินิจฉัย รูปภาพ เมื่อพิจารณาวัตถุในแง่ของการประยุกต์ใช้ จะระบุเป็นข้อกำหนดของ **ระดับการให้บริการ** (Service Class) ตัวอย่างของแบบจำลองโครงสร้างของ DICOM อาจแสดงด้วยระดับการให้บริการหนึ่งมี Patient (ผู้ป่วย), Study (การวินิจฉัย) /Series (อนุกรมภาพ) และ Image (ภาพ) Model ดังนี้



ซอฟต์แวร์ระบบภาพ

ในปัจจุบันปรากฏซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์จำนวนมาก ซึ่งส่วนใหญ่จำหน่ายพร้อมกับเครื่องมือแพทย์ อย่างไรก็ดี ที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายได้แก่ Digital Jacket และ e-Film ข้อจำกัดที่สำคัญประการหนึ่งของซอฟต์แวร์ประเภทนี้การพัฒนาต่อยอดอิงกับผู้ผลิตเดียว ไม่มีการเปิดให้ภาคีอื่นใด ได้มีส่วนร่วมในการ พัฒนา ทำให้ต้นทุนสูง อย่างไรก็ดี สถาบันด้านสาธารณสุขจำนวนมาก ซึ่งมีกำลังในการจัดซื้อจัดหาซอฟต์แวร์ประเภทดังกล่าว มีความพึงพอใจกับประสิทธิภาพและยิ่งไปกว่านั้นเนื่องจา หน่วยงานส่วนมากไม่มีทางเลือกอื่นที่ดีกว่า จึงมักจะพบการผูกขาดอยู่กับเพียงผู้ผลิตจำนวนน้อยราย ด้วยเหตุนี้ราคาจัดจำหน่ายของซอฟต์แวร์ระบบภาพเชิงพาณิชย์ จึงค่อนข้างสูง อยู่ในช่วงประมาณ $1500 – 4500 ซึ่งขึ้นอยู่กับความซับซ้อน และความสามารถของซอฟต์แวร์นั้นๆ

ในทางตรงกันข้ามสำหรับหน่วยงานที่มีกำลังซื้อต่ำ รวมทั้งสถานศึกษา อาจเลือกใช้ซอฟต์แวร์ระบบภาพประเภทแจกจ่าย (Freeware) หรือเปิดเผยรหัสต้นฉบับ (Open Source) ซึ่งมีอยู่ในระบบจำนวนมาก ฐานข้อมูลซอฟท์แวร์ประเภทนี้ได้มีการบันทึกไว้ว่ามีกว่า 200 ชิ้น จากผู้ผลิตราวๆ 150 ราย รวมถึงองค์กรอิสระ และสถาบันการศึกษาต่างๆ ถึงแม้จุดเด่นของซอฟต์แวร์ประเภทนี้จะอยู่ที่มูลค่าของต้นทุนค่อนข้างต่ำ จึงเป็นที่ใช้อย่างแพร่หลาย อย่างไรก็ดีซอฟต์แวร์บางส่วนอาจจะเป็นต้นทางของระบบที่กำลังอยู่ในระหว่างดำเนินการปรับปรุงและเผยแพร่เชิงพาณิชย์ในอนาคต ซึ่งมีข้อด้อยคือทำให้ซอฟต์แวร์มีขีดความสามารถค่อนข้างจำกัด ยิ่งไปกว่านั้นผู้ผลิตบางกลุ่ม โดยเฉพาะอย่างยิ่งสถานศึกษา ได้พัฒนาซอฟต์แวร์ขึ้นเพื่อใช้ในงานวิจัยเฉพาะกิจ และเผยแพร่ผลผลิตพลอยได้ (Byproduct) จึงอาจจะไม่เหมาะกับการใช้งานในเชิงคลินิค แม้กระนั้น ด้วยจุดเด่นด้านราคาทำให้การเผยแพร่ซอฟต์แวร์ประเภทนี้เป็นไปอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อกลางปีที่ผ่านมา (2549) มีรายการปรับปรุงใหม่ทั้งสิ้น 10 รายการ ดังตาราง*

Name	Summary	Version	Released
fmristat	FMRI analysis in Matlab		7/11/2006
fmristat	FMRI analysis in Matlab		7/11/2006
K-PACS	DICOM imaging workstation and PACS	0.9.7	7/1/2006
MRIConvert	Converts DICOM to several formats	2.0 b	7/1/2006
UniPACS DICOM viewer	Reliable, basic DICOM viewer from commercial vendor.		7/1/2006
Stradx	3D ultrasound acquisition and visualisation.	7.4	6/25/2006
ITK: NLM Insight	NLM Insight Segmentation and Registration Toolkit	2.8.1	6/23/2006
OsiriX	Advanced Mac DICOM viewer and PACS workstation.	2.4	6/22/2006
Sante Viewer	Windows DICOM viewer	5	6/20/2006
MeVisLab Basic	Advanced medical image processing environment with ITK and VTK addons and SDK	1.4	6/15/2006

* จากตัวอย่างทั้งหมดข้างต้นมีเพียงบางส่วนเท่านั้นที่มีการเปิดเผยรหัสต้นฉบับ (Open Source Code)

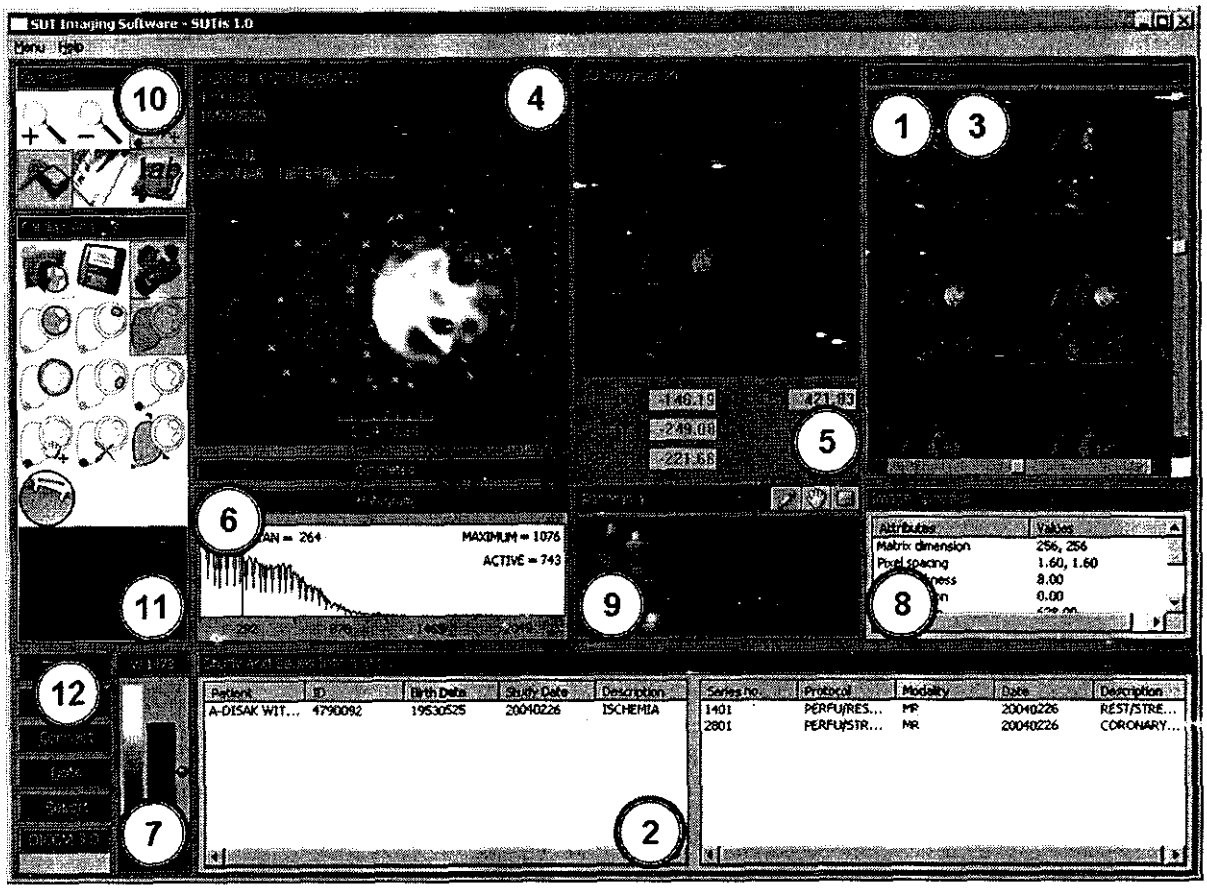
จากการพิจารณาถึงจุดเด่นและข้อด้อยของซอฟต์แวร์ทั้งสองประเภท จึงเป็นที่มาของนวัตกรรมโครงการ **การพัฒนาซอฟต์แวร์ระบบภาพเพื่อช่วยในการวินิจฉัย และการวิจัยทางการแพทย์** ระยะที่หนึ่ง โดยดึงเอาข้อดีของซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ และแบบแจกจ่าย กล่าวคือแบ่งการพัฒนาระบบออกเป็นสองส่วน คือ 1) ระบบปฏิบัติการข้อมูลภาพ (Imaging OS) ซึ่งรองรับมาตรฐาน DICOM เป็นซอฟต์แวร์ที่สมบูรณ์ในตัวเอง แจกจ่ายไปยังผู้ใช้งานเป้าหมาย และ 2) Processing Module ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้ภาคีที่สามเป็นผู้ผลิต ซึ่งการต่อยอดเป็นไปตามข้อกำหนดเพื่อให้การทำงานสามารถผสานกันได้อย่างไร้รอยต่อ ลักษณะของการเผยแพร่ระบบในส่วนที่สองนี้ขึ้นกับดุลยพินิจของผู้ผลิตแต่ละราย

บทที่ 3 โครงสร้างซอฟต์แวร์ และการออกแบบ

โครงสร้างของซอฟต์แวร์ต้นแบบ

ซอฟต์แวร์ SUT Imaging Suite รุ่นทดสอบ (*Beta*) ดังรูปประกอบด้วยโครงสร้างพื้นฐานดังรายการต่อไปนี้

1) Image Database Browser
2) Information Panel (Study and Series Information)
3) Iconic Images Display
4) Main Display Panel
5) 3D Visualization Module
6) Intensity Histogram
7) Window and Level Control
8) Image Specific Information
9) Panorama View
10) Generic Toolbars
11) Processing Module Interface
12) Main Controls



นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบซึ่งเกี่ยวข้องกับการทำงานภายใน บางส่วนเช่น Processing Module Agent และ DICOM Interface ไม่ได้แสดงรายการไว้ในที่นี้ (โครงการนวัตกรรมนี้เรียกใช้ DICOM Library ชื่อ DCMTK ของ OFFIS.DE)

องค์ประกอบของซอฟต์แวร์

สำหรับระบบโดยรวมของซอฟต์แวร์ในงานวิจัยนี้มีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ประการ กล่าวคือ Imaging Operating System (OS) หรือ Imaging Platform, Interface Agent และ 3rd Party Processing Module ซึ่งสามารถองค์ประกอบแต่ละส่วนแจกแจงคุณสมบัติพื้นฐานได้ดังต่อไปนี้

1) Imaging Platform หรือ Imaging OS คือระบบซอฟต์แวร์ประมวลผลภาพ ซึ่งทำหน้าที่เรียกอ่าน DICOM Object ในฐานข้อมูลผ่านทาง Message/Protocol แล้วแปลงเป็นข่าวสารที่มีประโยชน์ นอกจากนี้ยังสามารถดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลภาพเบื้องต้นได้ โดยรับข้อมูลจากผู้ใช้ผ่านทาง Graphic User Interface (GUI)
2) Interface Agent คือระบบตัวกลางในการถ่ายโอนข่าวสาร และชุดคำสั่งระหว่าง Imaging OS และ Processing Module ซึ่งทำหน้าที่เป็นรอยต่อระหว่างส่วน Operating System Dependent (1) และ OS Independent (3)
3) Processing Module คือ หน่วยประมวลผลข้อมูลภาพ ซึ่งทำงานโดยรับ/ส่ง คำสั่ง และข้อมูลข่าวสารกับ Imaging Platform โดยพื้นฐานแนวคิดแล้วภาษาทำโปรแกรมสำหรับส่วนนี้ที่ใช้ควรจะเป็นอิสระต่อระบบปฏิบัติการมากที่สุด

ข้อกำหนดพื้นฐานของซอฟต์แวร์

เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ในการออกแบบดังกล่าว จึงมีการระบุข้อกำหนดที่สำคัญดังนี้

- Imaging Platform สามารถอ่านและแสดงข้อมูล DICOM ได้อย่างถูกต้อง
- Imaging Platform สามารถแสดง และประมวลผลภาพเบื้องต้น เช่น ย่อ/ขยาย เลื่อน จัดเรียง ปรับความสว่างความคมชัด ฯลฯ และเรียกใช้ข้อมูลข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับการวินิจฉัยได้
- Imaging Platform มีการใช้งานที่ไม่ซับซ้อน ผู้ใช้สามารถเรียนรู้ได้เร็ว ในขณะที่เชิงเทคนิคยังคงมีความยืดหยุ่นสูง สามารถรองรับการพัฒนาขั้นตอนวิธีใหม่ๆ ของ Processing Module ได้โดยไม่ต้องมีการแก้ไขดัดแปลง และรองรับ Backward Compatibility
- Interface Agent มี Protocol ที่ครอบคลุมการสื่อสารข้อมูลภาพ และข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ภาพที่นิยมใช้ในทางการแพทย์ เช่นการ Filtering, Registration, Reconstruction, Segmentation และ การวิเคราะห์อื่นๆ
- Processing Module พัฒนาด้วยภาษาทำโปรแกรมมาตรฐาน (ANSI C/C++) และควรเป็นอิสระจาก OS มากที่สุด โดยอ้างอิงกับส่วน OS (Windows/Linux) เฉพาะเท่าที่จำเป็น

เทคโนโลยีการผสมผสานของ Interface Agent

เทคโนโลยีที่สอดรับกับข้อกำหนดข้างต้น และเป็นที่นิยมแพร่หลายในปัจจุบันมี 2 ระบบได้แก่

SOCKET (Internet หรือ Web Based) Model

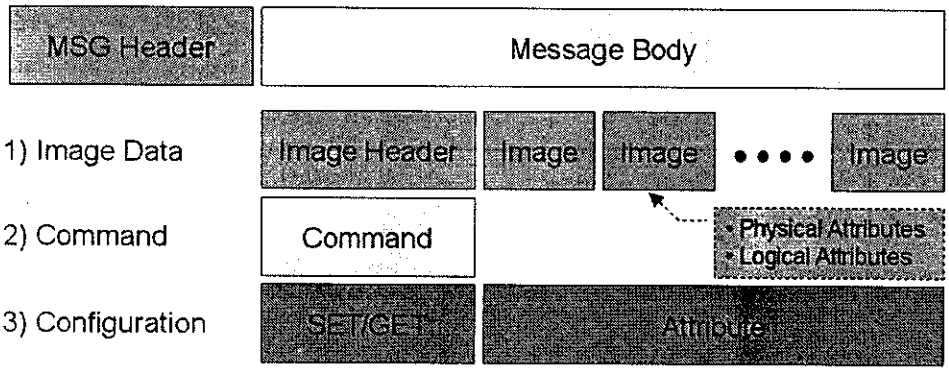
ได้แก่รูปแบบของการสื่อสารข้อมูลของเครือข่ายเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านทาง Protocol TCP/IP โดยที่มีคุณสมบัติเด่นคือ Processing Module อาจจะไม่จำเป็นต้องอยู่ที่เดียวกับ Imaging Platform (Client/Server Model) ทำให้ระบบมีความยืดหยุ่น/โปร่งใส (Transparent) สูงมาก แต่ด้วยข้อจำกัดของเทคโนโลยีปัจจุบัน การตอบสนองจะค่อนข้างช้า และการจัดการบริหารข้อมูลมีความซับซ้อนเชิงเทคนิคสูง

Dynamic Linked Library (DLL/Active X) Extension Model

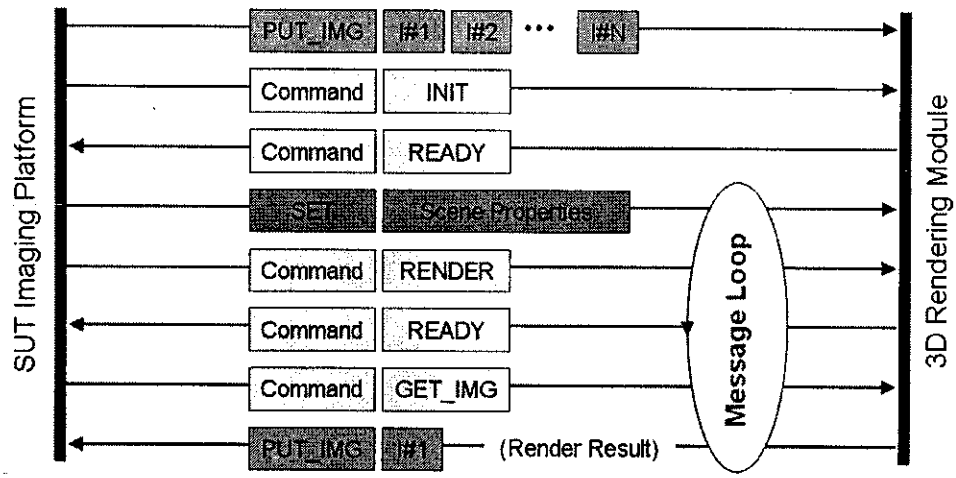
ได้แก่ระบบการแลกเปลี่ยนข่าวสารภายในเครื่องคอมพิวเตอร์เดียวกันพัฒนาโดย Microsoft Windows ถึงแม้จะเป็นที่แพร่หลายสำหรับผู้ใช้ทั่วไป แต่ยังมีนักวิจัยบางส่วนขาดความเชี่ยวชาญในการพัฒนาขั้นตอนวิธีในกรอบนี้

SUT Imaging Suite จึงได้พัฒนาขึ้นโดยอาศัยข้อดีของทั้งสองระบบ กล่าวคือ กรอบการทำงานตั้งอยู่บนพื้นฐานของ DLL Model เพื่อดึงข้อดีด้านประสิทธิภาพในการบริหารจัดการข้อมูล แต่การแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารใช้ Protocol ซึ่งออกแบบให้มีความคล้ายคลึงกับแนวคิด SOCKET Model เพื่อให้การเชื่อมต่อมีความยืดหยุ่น โดยมีรูปแบบดังต่อไปนี้

รูปแบบของข้อมูลข่าวสารประกอบด้วย 2 ส่วนได้แก่ Message Header และ Message Body ซึ่งส่วนแรกจะมีการระบุรายละเอียดพื้นฐาน ของซอฟต์แวร์ ประเภทของคำสั่งและความยาวส่วนที่สอง Message Body ที่ตามหลังมา สำหรับ Message Body ยังแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ตามรูป กล่าวคือ Image Data ประกอบด้วย Image Header ระบุคุณสมบัติของรูปภาพ ตามด้วยอนุกรมของข้อมูลภาพ ซึ่งแตกต่างจากข้อมูลภาพทั่วไป ตรงที่ประกอบด้วยข้อมูลทางกายภาพ (เช่น ตำแหน่งของการเก็บภาพ ความละเอียดของจุดภาพ เป็นต้น) และข้อมูลทางตรรกะ (เช่น ความเข้มของจุดภาพ เป็นต้น) Command ประกอบด้วยหมายเลขของคำสั่งต่างๆ เช่น การร้องขอข้อมูล การสั่งบันทึกข้อมูล เป็นต้น และประเภทสุดท้ายได้แก่ Configuration ประกอบด้วยคำสั่ง ตั้งค่า (SET) หรือเรียกอ่านค่า (GET) ของคุณสมบัติต่างๆ เช่น การปรับรูปแบบของการแสดงผล และรับคำสั่งจาก MOUSE หรือ Keyboard เป็นต้น



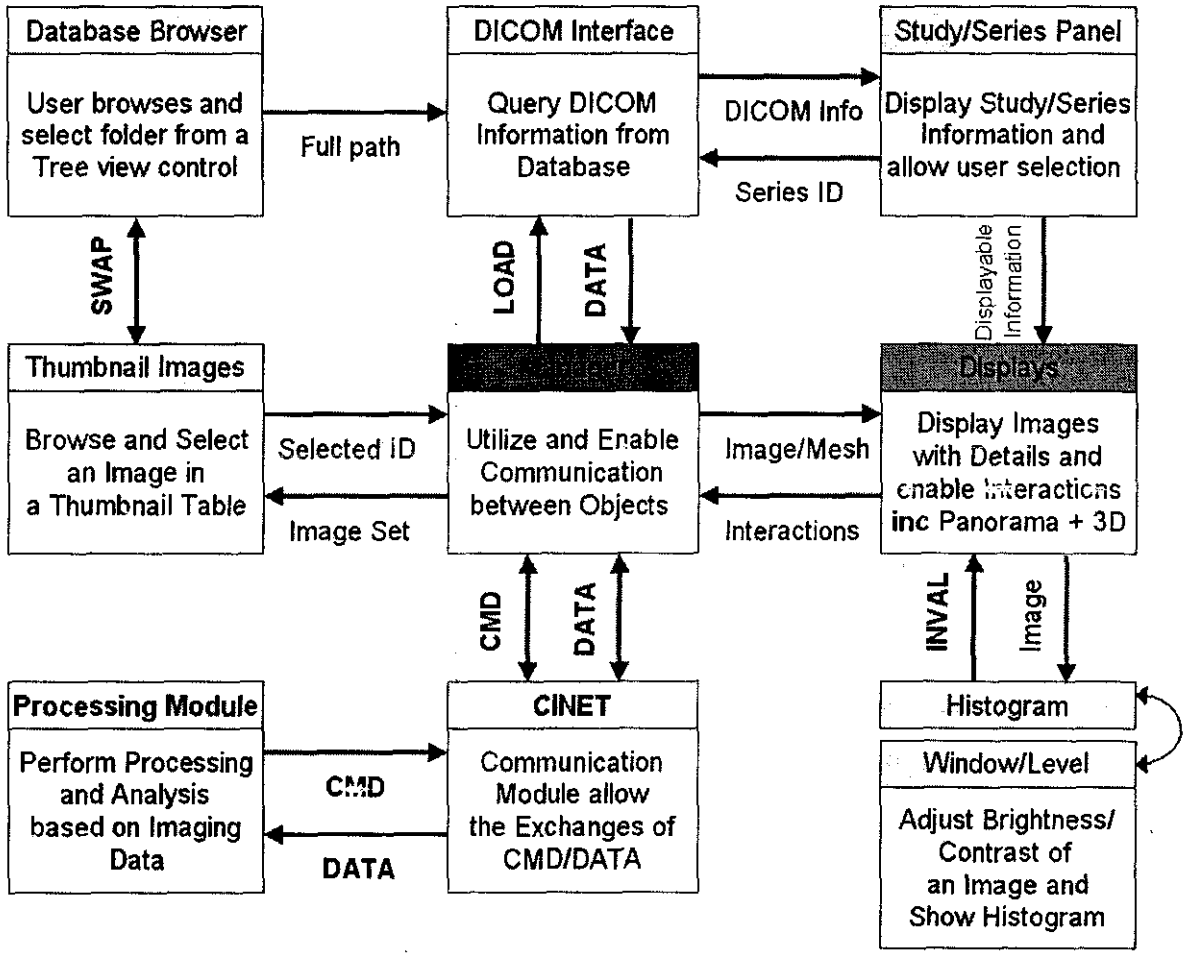
อย่างไรก็ดีหากมีการกำหนดหรือสร้าง ประเภทของข้อมูลใหม่ขึ้น เช่น โครงข่าย Mesh ระบบ Protocol สามารถสอดรับย้อนหลัง (Backward Compatible) กับ Processing Module รุ่นเก่าได้โดยไม่จำเป็นต้องย้อนกลับไปเขียน Module ขึ้นใหม่ ตัวอย่างของการติดต่อระหว่าง Processing Module ประเภท 3D Rendering กับ Imaging Platform สามารถแสดงได้ดังนี้



จากรูปจะเห็นว่า เมื่อมีการเรียกใช้ Rendering Module แล้ว Imaging OS จะทำการส่งอนุกรมของข้อมูลภาพตัดขวางใน 3 มิติมาให้ Rendering Module พร้อมกับคำสั่งให้เริ่มต้นการจัดเตรียมข้อมูล (INIT) เมื่อพร้อม Rendering จะส่งคำสั่ง READY กลับมายัง Imaging OS เพื่อเริ่มเข้าสู่สถานะรับคำสั่ง (Message Loop) ซึ่งในวงรอบสถานะนี้ จะเป็นส่งคำสั่ง RENDER จาก Imaging OS และการส่งข้อความตอบรับจาก Rendering Module เพื่อเข้าสู่กระบวนการส่งรับข้อมูลภาพผลลัพธ์ (Imaging OS ไม่จำเป็นต้องรู้ถึงรายละเอียดของข่าวสาร หากแต่บริหารจัดการข่าวสารตามแต่ประเภทนั้นๆ)

การออกแบบ Imaging Platform (Imaging OS)

ถึงแม้ว่าระบบโดยรวมจะมีองค์ประกอบจำนวนมาก ในที่นี้จะแสดงเฉพาะแผนผังการทำงานขององค์ประกอบหลักเท่านั้น ได้แก่ Manager, Displays (รวมถึง หน้าจอแสดงผลหลัก การแสดงผลสามมิติ และการแสดงผลภาพระนาบโค้ง), Image Browser, Thumbnail/Iconic Images Display, DICOM Interface, Study/Series Panel, Histogram และ Window/Level Control, CINET หรือ Module Interface Agent และ Processing Module โดยละเว้นองค์ประกอบอรรถประโยชน์ และปลีกย่อยอื่นๆ ไว้ ดังแสดงแผนผังต่อไปนี้



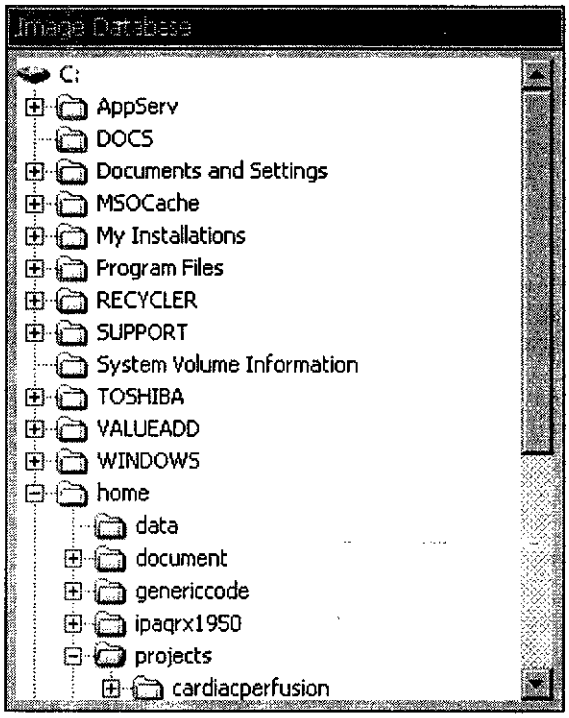
จากแผนผังจะเห็นว่า MANAGER ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักทำหน้าที่ในการประสานการทำงาน และแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างองค์ประกอบต่างๆ เช่นแลกเปลี่ยนข้อมูลภาพ และรายละเอียดของผู้เข้ารับการรักษา กับ DICOM Interface ส่วน Database Browser ทำหน้าที่ติดต่อกับผู้ใช้ เพื่อเลือก Folder ฐานข้อมูลผู้เข้ารับการรักษา ผลลัพธ์ที่ได้จะถูกส่งผ่านต่อไปยัง DICOM Interface เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงกลุ่มข้อมูล Study/Series Panel จะเรียกดึงข้อมูลรายละเอียดต่างๆ จาก DICOM Interface เพื่อมาแสดงผล เมื่อมีการเรียกคำสั่งเรียกดูข้อมูลภาพ ใน Series ที่ระบุใน Study/Series Panel หมายเลขประจำ Series จะถูกส่งไปยัง DICOM Interface เพื่อรวบรวมข้อมูลภาพใน Series นั้นส่งไปยัง MANAGER ซึ่งจะผ่านข้อมูลภาพทั้งชุดต่อไปยัง Thumbnail (Iconic) Display เพื่อเลือกภาพมาแสดงผล ภาพที่ถูกเลือกจะส่งผ่านต่อไปยัง Displays (ทั้งในรูปแบบสองและสามมิติ) องค์ประกอบสุดท้ายได้แก่ CINET ซึ่งทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนข้อมูล และคำสั่งระหว่าง Processing Module และ MANAGER ดังได้กล่าวโดยละเอียดข้างต้น

The Development of Computer Assisted Diagnostic and Medical Research Imaging Software © 2007 All Rights Reserved

บทที่ 4 ผลงานนวัตกรรมซอฟต์แวร์ต้นแบบ

บทนี้กล่าวถึงผลการทำงานของซอฟต์แวร์ โดยแบ่งออกเป็นสองส่วน กล่าวคือ ส่วนการทำงานทั่วไป และส่วนการทำงานเมื่อมีการเชื่อมต่อกับ Processing Module ดังต่อไปนี้

Image Database Browser

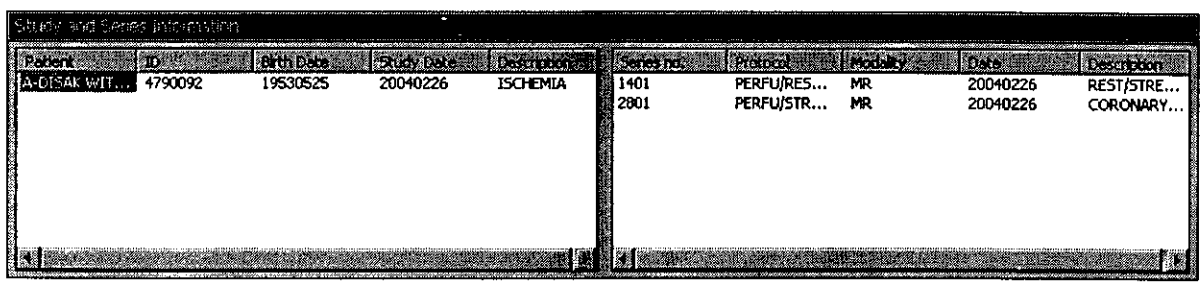


เมื่อผู้ใช้เปิดโปรแกรม หรือเลือกปุ่ม Browse หน้าจอนี้จะถูกเรียกใช้ กล่าวคือ Image Database Browser จะทำหน้าที่ในการเรียกดูโครงสร้างแฟ้มข้อมูลในเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล หรือเครื่องคอมพิวเตอร์อื่นในระบบเครือข่ายได้ โดยอาศัยความสามารถของระบบปฏิบัติการ Windows

เมื่อผู้ใช้เรียกดู Folder ใด ระบบจะทำการตรวจสอบว่ามีแฟ้มข้อมูล DICOM อยู่หรือไม่ ถ้ามีระบบจะทำการส่ง Full Path ของแฟ้มข้อมูลทั้งหมดที่อยู่ใน Folder นั้นไปยัง Object DICOM Interface (ดูบทที่ 3) เพื่อทำการวิเคราะห์ และจำแนก แสดงระเบียนข้อมูลต่างๆ ที่สำคัญ ใน Information Panel กระบวนการนี้ยังทำงานสัมพันธ์กับ Progression Bar เพื่อแจ้งผู้ใช้งานถึงความก้าวหน้าของการประมวลผล

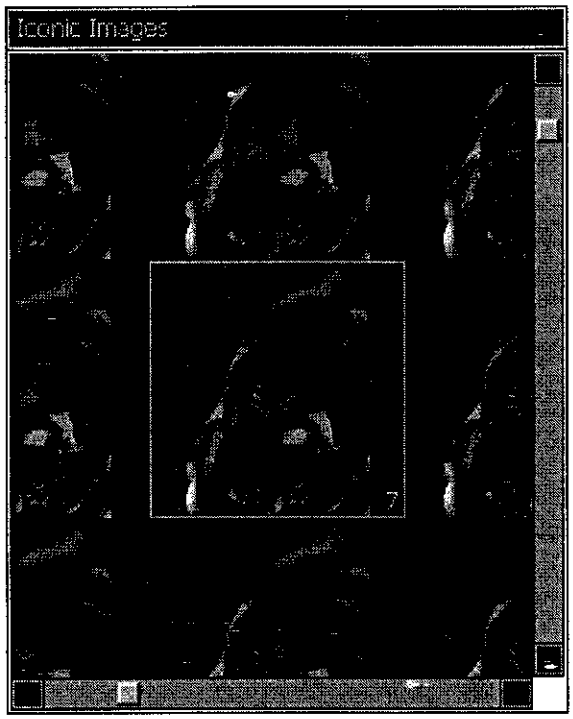
Information Panel (Study and Series Information)

Information Panel หรือแถบแสดงข้อมูลระเบียนที่สำคัญของชุดข้อมูล DICOM ทำงานสัมพันธ์กับ Image Database Browser และ DICOM Interface กล่าวคือ เมื่อ DICOM Interface ได้รับแฟ้มข้อมูล 1 ชุดจาก Database Browser แล้ว จะทำการวิเคราะห์และจำแนกระเบียนที่สำคัญ กล่าวคือ Study และ Series Information (ในแต่ละ Study อาจจะมีหลาย Series ได้ ดังรายละเอียดในบทที่ 2) ในแต่ละ Study ประกอบด้วย ชื่อผู้เข้ารับการตรวจ หมายเลขประจำตัว วันเดือนปีเกิด วันเดือนปีที่ทำการตรวจ และรายละเอียด สำหรับ Series ประกอบด้วย หมายเลขประจำ Series ข้อกำหนดในการถ่ายภาพ ประเภทของเครื่องมือถ่ายภาพ วันเดือนปีที่ทำการถ่ายภาพ และรายละเอียด ซึ่งผู้ใช้สามารถเรียกดูได้



ตัวอย่างข้อมูล Study ของผู้ป่วยโรคหัวใจขาดเลือด 1 ชุด ซึ่งประกอบด้วยข้อมูล Series 2 ชุดได้แก่ Rest/Stress Imaging

Iconic Images Display



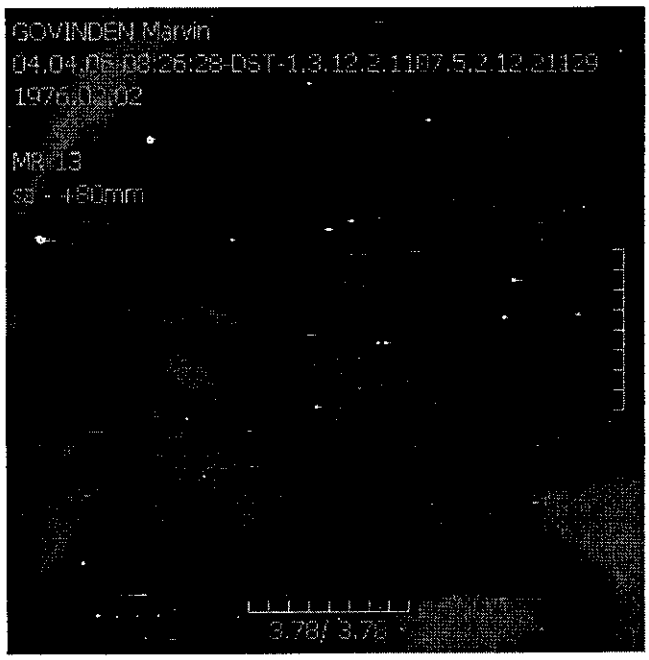
ผลลัพธ์เมื่อเลือกรูป Icon ลำดับที่ 7 ใน Series

Iconic Images Display จะทำงานสลับกับ Image Database Browser กล่าวคือ เมื่อผู้ใช้เลือกฐานข้อมูล DICOM ที่ระบุใน Information Panel โดยกดเลือกปุ่ม [Load] หน้าจอ Iconic Images จะเปิดขึ้นสลับกับ Image Database

Iconic Images แสดงรูปภาพ ทั้งหมดที่อยู่ใน Series ที่เลือกโดยผู้ใช้ ทั้งนี้อาจจะเป็นรูปที่เปลี่ยนไปตามเวลา (Temporal Images) หรือรูปแต่ละตำแหน่งในปริภูมิ (Spatial Images) ก็ได้ หากรูปมีจำนวนมาก ผู้ใช้สามารถเลื่อนหน้าจอแสดงขึ้นลงหรือซ้ายขวา ได้โดยใช้ Scrollbar ประสิทธิภาพสูง

เมื่อเลือกคลิกรูป Icon รูปหนึ่ง จะปรากฏกรอบสีเหลืองเข้มล้อมรอบรูป พร้อมกับลำดับของรูปนั้นใน Series นอกจากนี้รูปดังกล่าว พร้อมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง จะถูกส่งต่อผ่านไปยังหน้าจอแสดงผลหลัก และหน้าจอแสดงผล 3D โดยอัตโนมัติ

Main Display Panel



ผลลัพธ์เมื่อเลือกรูป Icon ลำดับที่ 7 ใน Series

Main Display Panel ทำหน้าที่แสดงภาพด้วยความละเอียดจริง หรือมากกว่า เพื่อความชัดเจนในการวิเคราะห์และวินิจฉัย

นอกจากรูปภาพแล้ว ระบบยังแสดงผลข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น ชื่อผู้เข้ารับการรักษา รหัสประจำตัว และวันเดือนปีเกิด พร้อมทั้งรายละเอียดของภาพ

ด้านล่าง และขวามือของ Display Panel ระบุ มาตราส่วนของจุดภาพปัจจุบัน โดยมีรูปแบบเป็น mm ต่อ 10 pixels (1 ช่องเล็ก) ในแกนนอน และแกนตั้งตามลำดับ (X/Y)

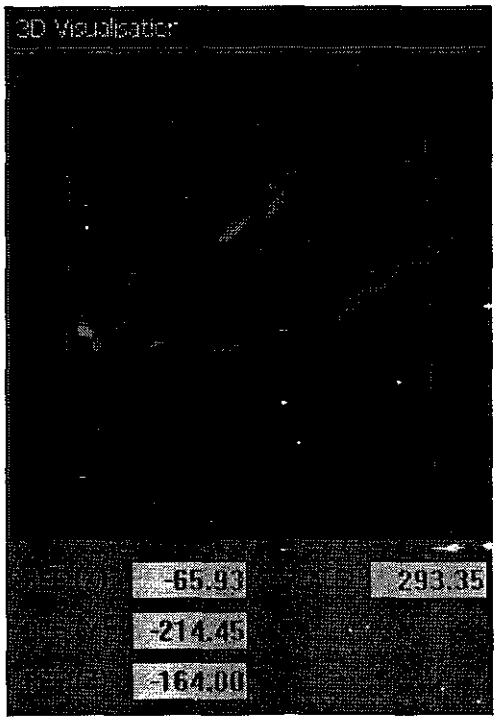
สำหรับหน้าจอนี้ผู้ใช้สามารถวัดระยะทาง ปรับความละเอียด และเลื่อนดูภาพได้

หมายเหตุ ความสามารถในการวัดระยะทาง ปรับความละเอียด และเลื่อนดูภาพนั้น Display Panel จะทำงานสัมพันธ์กับ Generic Toolbars โดยปรับเปลี่ยน MODE ในการรับคำสั่ง Mouse Interface ให้เหมาะสม

The Development of Computer Assisted Diagnostic and Medical Research Imaging Software © 2007 All Rights Reserved

3D Visualization Module

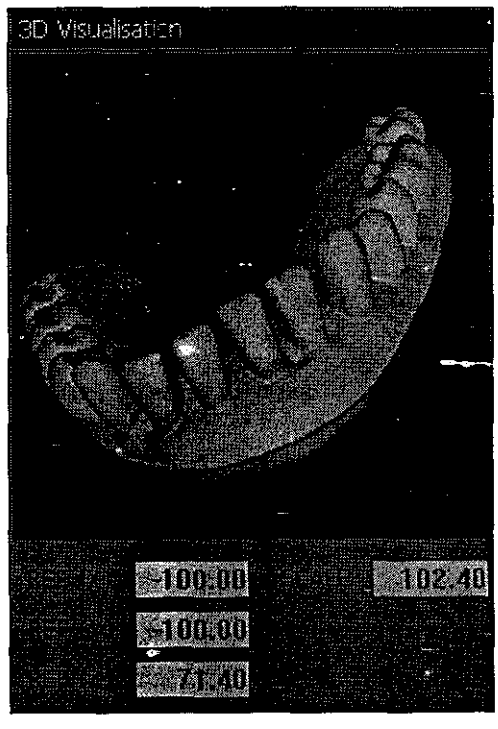
การแสดงผลภาพในพิกัดสามมิติเป็นจุดเด่นประการหนึ่ง ซึ่งทำให้ผู้ใช้สามารถประเมินข้อมูลภาพและสิ่งแวดล้อมได้ดีขึ้น



ระนาบหนึ่งของ Short Axis Cardiac MRI

หน้าจอการแสดงผลภาพสามมิติใช้เทคโนโลยีการแสดง Texture ฉาย บนพื้นผิว Polygon ของ OpenGL (Open Graphics Library) ในการแสดงผลภาพถ่ายของหน้าตัด Slice ที่เลือกในขณะนั้น บนปริภูมิสามมิติ Cartesian ซึ่งแสดงแกน X Y และ Z ด้วยสีแดง เหลือง และน้ำเงิน ตามลำดับ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถมองเห็นภาพ ได้ชัดเจน ระบบจะทำการ Normalized พิกัด ให้อยู่ในพื้นที่ลูกบาศก์ 1 หน่วย (Unit Box)

นอกจากนี้เพื่อให้การแสดงผลดังกล่าวมีความสมจริง การจัดวางของ Slice ยังได้จำลองให้เหมือนกับการวางตัวของมุมมองของระนาบการถ่ายภาพ จากเครื่องมือแพทย์ ทั้งนี้ข้อมูลดังกล่าวได้ถูกบันทึกในแฟ้มข้อมูล DICOM ในฟิลด์ Image Patient Position, Directional Cosine และ Direction Sine เพื่อใช้สำหรับคำนวณหาตำแหน่งเริ่มต้นของภาพ และเวกเตอร์ที่นิยามระนาบของภาพตามลำดับ



ระนาบของชุดฟันล่างซ้อนทับกับโครงข่าย Mesh

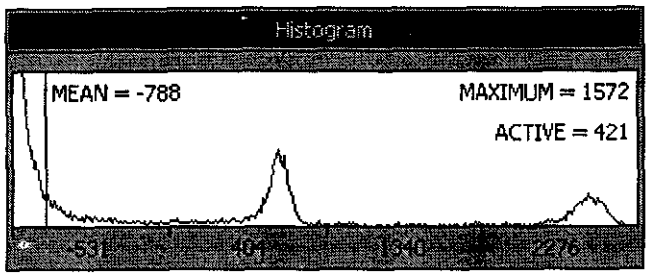
เพื่อสนับสนุนงานวิจัย และการวินิจฉัยภาพสามมิติ ให้มีประสิทธิภาพ ระบบได้จัดเตรียมการ โครงสร้างข้อมูลเพื่อแสดงภาพโครงข่าย Mesh สำหรับ Processing Module ผ่านคำสั่ง CMD_PUSHMSH

ทั้งนี้ฝั่ง Imaging OS จะระบุข้อมูลทางกายภาพของระนาบของชุดภาพ (Series) ให้กับ Processing Module เพื่อใช้ประกอบการสร้างโครงข่าย Mesh ที่สมมูลกัน (ก่อน หรือหลังการประมวลผล) หลังจากนั้นข้อมูลโครงข่าย Mesh ซึ่งระบุพิกัด Geometry และ Topology จะถูกส่งกลับมายัง Imaging OS เพื่อผ่านไปยังส่วนแสดงผลต่อไป

โปรดสังเกตความสอดคล้องกันของพิกัดของ Mesh กับชุดยึดติดของฟันปลอมล่าง ในทำนองเดียวกับการแสดงผลระนาบภาพถ่าย พิกัดของโครงข่าย Mesh ได้ทำการ Normalized เพื่อความชัดเจน

หมายเหตุ กระบวนการสร้างโครงข่าย Mesh นั้นเป็นความสามารถของแต่ละ Processing Module ซึ่งเป็นอิสระจากตัว Imaging OS สำหรับตัวอย่างนี้ มีการสร้าง Mesh ด้วย Algorithm Marching Cubes

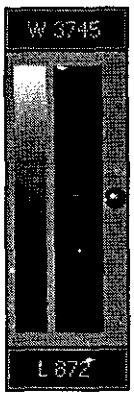
Intensity Histogram

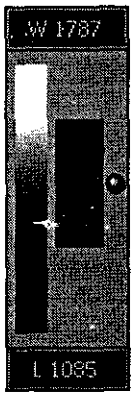


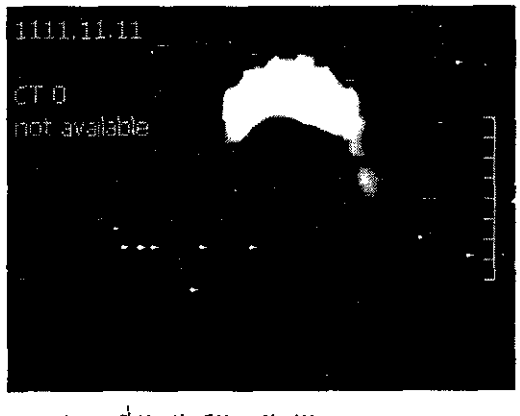
Histogram ของภาพ Computed Tomography ของฟันปลอม

แสดงค่าทางสถิติ (จำนวนความถี่) ของค่าความเข้มแต่ละค่าที่ปรากฏในภาพปัจจุบัน โดยแกนนอนแสดงค่าความเข้มจริง และ แกนตั้งแสดงความถี่ เพื่อความชัดเจนระบบยังแบ่งแสดงความถี่ที่ ACTIVE คือ ความถี่ ±3 เท่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานทั้งนี้ เนื่องจากค่าความถี่อื่นภายนอกช่วงนี้อาจเป็นพื้นหลังซึ่งถ้าหากแสดงในมาตราส่วนเดียวกันจะกลบค่าในช่วงสำคัญ

Window and Level Control







W และ L รูปภาพที่สัมพันธ์กันหลังปรับ Window/Level

การปรับแต่ง Window และ Level จะสัมพันธ์กับค่าความเข้มของภาพ เพื่อใช้ในการปรับค่าความสว่างและต่างชัด (Brightness และ Contrast) กล่าวคือ ค่าที่แสดงผลได้ในบนระบบปฏิบัติการ จะอยู่ในช่วง 0 – 255 แต่ความเข้มของภาพทางการแพทย์มักจะมีค่าอยู่ในช่วงของจำนวนจริง ดังนั้น Window (W) และ Level (L) จะระบุถึงพิสัย และค่ากึ่งกลางของความเข้มในย่านที่ต้องการเลือกมาแสดงผล

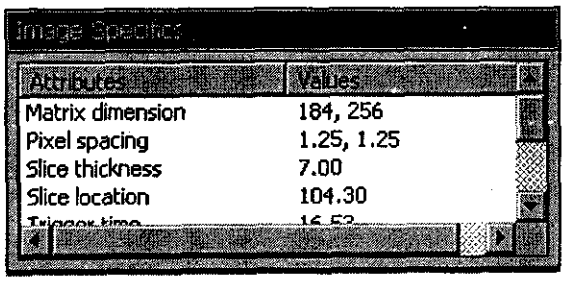
ความสัมพันธ์ของ Window (W) และ Level (L) กับค่า Pixel จริง (I) และ Pixel ที่แสดงผล (D) ได้แก่

$$d = \begin{cases} 0 & I < L - W/2 \\ 1 & I > L + W/2 \\ \left[\dfrac{I - (L - W/2)}{W}\right] & else \end{cases}$$

โดยที่ D = 255 × d

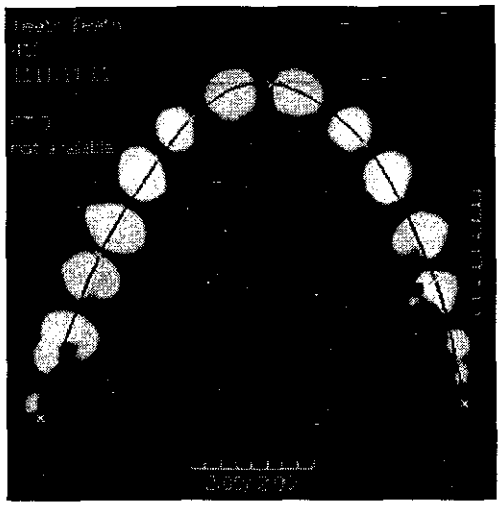
การกำหนดรูปแบบ Window และ Level ดังกล่าวสอดคล้องกับระเบียบวิธีมาตรฐานในงานรังสีวิทยา

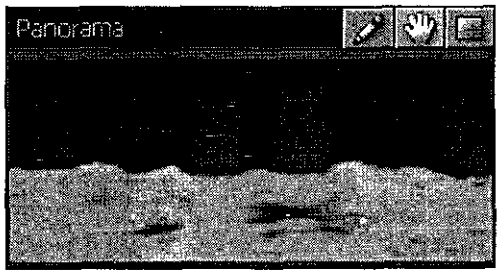
Image Specific Information



เพื่อความสะดวกในบางงานของรังสีวินิจฉัย และการเก็บข้อมูลภาพเพื่อการวิจัย ระบบได้จัดเตรียมการแสดงรายการข้อมูลลักษณะจำเพาะ ของข้อมูลภาพปัจจุบัน ได้แก่ Matrix Dimension Pixel Spacing (X, Y) Slice Thickness Slice Location Trigger Time Image Patient Position Directional Cosine และ Directional Sine

Panorama View



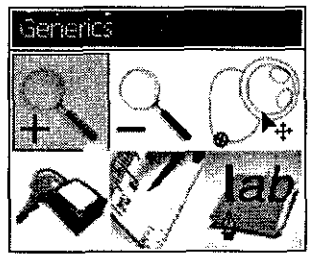


ระบบได้จัดเตรียมหน้าจอการแสดงผลแบบ Panorama ไว้สำหรับงานรังสีวินิจฉัยบางประเภท ซึ่งจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ภาพในระนาบแนวโค้ง (Curved Plane) เช่น งานทันตกรรม เป็นต้น

ผู้ใช้เลือก Icon ดินสอจาก Toolbar เพื่อระบุแนวเส้นโค้งจากระนาบตัดขวางบนภาพที่ต้องการ ด้วยวิธีกำหนด Control Points ของเส้นโค้ง Catmull Rom Spline หลังจากนั้นเมื่อเลือก Icon Re-slice (สี่เหลี่ยมผืนผ้า) ระบบจะทำการคำนวณหาภาพในระนาบแนวโค้งตั้งฉากกับระนาบของภาพต้นฉบับ หากภาพมีขนาดใหญ่กว่าหน้าจอแสดงผลของ Panorama View ผู้ใช้สามารถเลือก Icon รูปมือเพื่อเลื่อนดูเฉพาะบริเวณที่สนใจได้

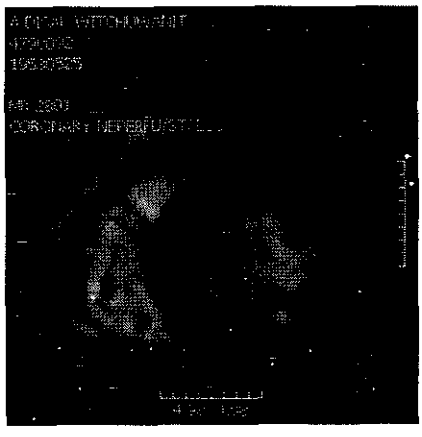
รูปด้านซ้ายมือแสดงตัวอย่างของการกำหนดแนวเส้นโค้งด้วย Control Points จำนวน 4 ตำแหน่งเพื่อนิยามเส้นโค้ง (บน) และภาพในระนาบแนวโค้งแสดงหน้าตัดระนาบของของฟันปลอมซึ่งวางเรียงบนวัสดุยึดติด (ล่าง)

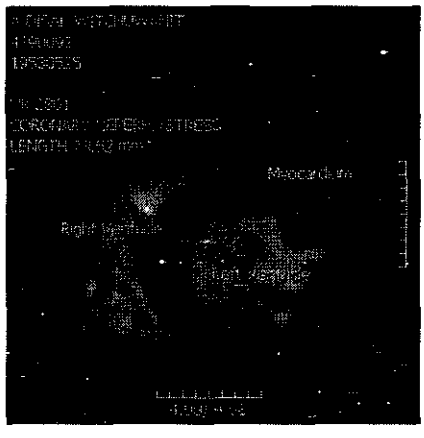
Generic Toolbars*



Generic Toolbars เป็นเครื่องมือมาตรฐานที่จำเป็นในการวินิจฉัยเบื้องต้น ด้วยวิธีการวิเคราะห์ภาพ เครื่องมือเหล่านั้น ได้แก่ การขยายความละเอียดของภาพ (Zoom In) การย่อกลับความละเอียดของภาพ (Zoom Out) การเลื่อนดูภาพเฉพาะบริเวณที่ต้องการ (Panning) การระบุความละเอียดคงที่สำหรับทุกภาพ (Lock) การวัดระยะทาง (Measure) และการพิมพ์ข้อความ (Text Annotation) ตามลำดับซ้ายไปขวา บนลงล่าง

ด้านซ้ายมือแสดงตัวอย่างของการใช้ Zoom In เพื่อ เลือกดูบริเวณของ Ventricles ซ้ายและขวา ในภาพ MRI สังเกต มาตรวัดความละเอียดมีการปรับตามความเป็นจริง ด้านขวามือแสดง การแสดงข้อความและระยะทางที่วัดได้



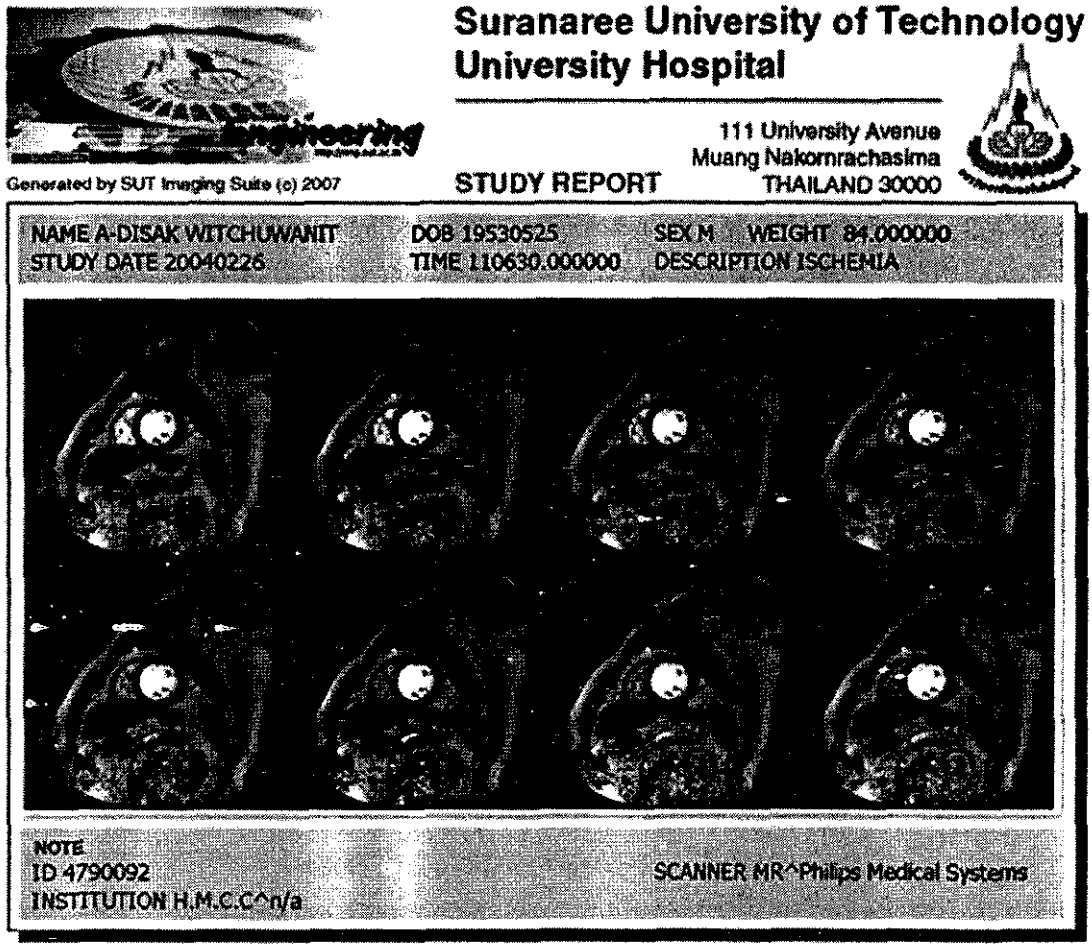


*Generic Toolbars ทำงานสัมพันธ์กับการปรับ MODE การแสดงผลของ Main Display และการรับคำสั่งจาก Mouse

The Development of Computer Assisted Diagnostic and Medical Research Imaging Software © 2007 All Rights Reserved

Report Generator

ผู้ใช้อาจจัดเก็บข้อมูล และรายละเอียดของ Series ในรูปแบบของเอกสาร โดยเลือกปุ่ม Report ผลลัพธ์จะถูกจัดเก็บในรูปของแฟ้มข้อมูลภาพมาตรฐาน (BMP) เพื่อความสะดวกในการเรียกใช้เพื่อประโยชน์ในการวินิจฉัยในอนาคต



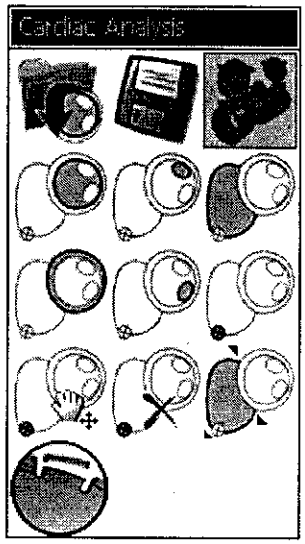
*ภาพของรายงานได้มีการปรับแต่ง และลดทอนขนาด เพื่อประสิทธิภาพในการจัดพิมพ์ลงกระดาษ

หน่วยงานที่นำไปใช้ สามารถกำหนดรูปแบบ และหัวกระดาษรายงานด้วยตนเองเอง โดยระบุลักษณะการจัดพิมพ์ของแต่ละรายการ (ซึ่งระบุในรูปของ DICOM Tag) ในแฟ้มข้อมูล Report Layout Configuration ดังตัวอย่างต่อไปนี้

```
# Report Layout Configuration Files
c:\home\projects\strategicplan\sourcecode\report\report1164x1649-32x324.raw
32,     324
1088,   4
12,
Name,           0x0010, 0x0010, 40,     240
DoB,            0x0010, 0x0030, 440,    240
Sex,            0x0010, 0x0040, 700,    240
Weight,         0x0010, 0x1030, 800,    240
Study_Date,     0x0008, 0x0020, 40,     270
Time,           0x0008, 0x0030, 440,    270
Description,    0x0008, 0x1030, 700,    270
Scanner,        0x0008, 0x0060, 700,    1465
^,              0x0008, 0x0070, -1,     -1
ID              0x0010, 0x0020, 40,     1465
Institution,    0x0008, 0x0080, 40,     1495
^,              0x0008, 0x0081, -1,     -1
```

Interfaces with the Processing Module

ความสามารถในการเชื่อมต่อกับ Processing Module จากผู้ผลิตรายอื่น (Third Party Vendors) เป็นคุณสมบัติเด่นของซอฟต์แวร์ต้นแบบในงานวิจัยนี้ จุดประสงค์หลักของการจัดเตรียม Interface ดังกล่าว คือเพื่อสนับสนุน และกระตุ้นให้เกิดงานวิจัยด้านการประมวลผลภาพทางการแพทย์ ที่สามารถประยุกต์ใช้งานได้อย่างเป็นรูปธรรม



หัวใจสำคัญของแนวคิดนี้ ได้แก่การกำหนดรูปแบบในการเชื่อมต่อ ในลักษณะ Dynamic Linked Library ซึ่งผู้พัฒนา Processing Module สามารถเรียกใช้คุณสมบัติพื้นฐานของ Imaging OS ได้ เช่น การเรียกดูข้อมูลลักษณะจำเพาะของภาพ การอ่านค่าระเบียนผู้เข้ารับการรักษา การเลือกบริเวณที่สนใจ และ การแสดงผลภาพสามมิติ เป็นต้น

ระบบได้ถูกออกแบบให้อยู่ในลักษณะ Plug-in กล่าวคือ ผู้พัฒนา Module จะระบุลักษณะของ Toolbars ของเครื่องมือที่จะมีการเชื่อมต่อ เช่น ชื่อ Module ภาพ Icon ที่ใช้แทนการทำงาน ตำแหน่งของ Icon ประเภทการทำงานของ Icon (Icon สถานะ หรือ Icon คำสั่ง) สถานะเริ่มต้นของ Icon และ ความสัมพันธ์ระหว่าง Icon ในกลุ่ม (สำหรับ Icon สถานะ) หมายเลขของคำสั่ง และประเภทของข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ดังตัวอย่างต่อไปนี้

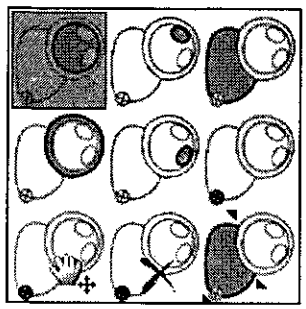
```
TOOLBAR_PROFILE 13
load.bmp        0       0       1       -1      0       0       12296   0
disk.bmp        0       1       1       -1      0       0       12302   2
endo.bmp        1       0       0       0       0       0       12289   0
epi.bmp         2       0       0       0       0       0       12290   0
ppm0.bmp        1       1       0       0       0       0       12291   0
ppm1.bmp        2       1       0       0       0       0       12292   0
rv.bmp          1       2       0       0       0       0       12293   0
rvpx.bmp        2       2       0       0       0       0       12294   0
pan.bmp         3       0       0       0       0       0       12306   0
remove.bmp      3       1       1       -1      0       0       12308   0
marker.bmp      3       2       0       1       0       0       12304   0
aim.bmp         0       2       0       1       1       0       12298   0
segment.bmp     4       0       0       1       0       0       12300   2
```

โดยผู้ใช้สามารถเลือกเชื่อมต่อกับ Module ที่ต้องการได้โดยเลือกปุ่ม

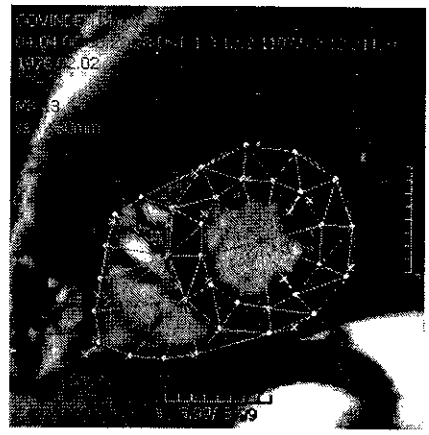
สำหรับในรายงานการวิจัยฉบับนี้ จะเป็นการยกตัวอย่างการทำงานของ Interface กับ Cardiac Perfusion Module หรือซอฟต์แวร์ช่วยวัดปริมาณการไหลเวียนโลหิตในกล้ามเนื้อหัวใจ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยเชิงขั้นตอนวิธี สนับสนุนโดยกองทุนอุดหนุนเพื่อพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีพุทธศักราช 2548 ด้วยข้อจำกัดของขอบเขตการนำเสนอ ในที่นี้จะสาธิตเฉพาะกระบวนการ Statistical Shape Training และ Semi-automatic Structure Recognition เท่านั้น

Statistical Shape Training

กระบวนการนี้ได้แก่การระบุบริเวณที่สนใจในการวิเคราะห์ ได้แก่ Left Ventricle Right Ventricle และ Myocardium Tissue จากชุดข้อมูลภาพ เพื่อเพิ่มข้อมูล (Train) ให้ขั้นตอนวิธีสามารถรู้จำคุณลักษณะโครงสร้างของหัวใจมนุษย์จากกลุ่มตัวอย่างข้อมูลภาพได้ ซึ่งการทำงานจะสัมพันธ์กับ MODE การแสดงผล ได้แก่ การขยายและปรับความละเอียด ของภาพ นอกจากนี้ Cardiac Perfusion Module สามารถเรียกใช้ความสามารถในการปรับแต่งค่าความต่างชัดได้อีกด้วย



Left Ventricular Border



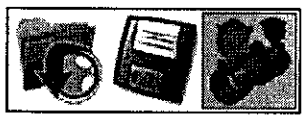
Complete Mesh Structure

ผู้ใช้สามารถเลือกสร้างหรือแก้ไขโครงสร้างที่ต้องการได้ดังแสดงในรูปด้านขวามือ ระหว่างนี้ผู้ใช้สามารถปรับแต่งลักษณะ หรือปรับเลื่อนตำแหน่งของโครงสร้างได้ นอกจากนี้ยังสามารถปรับค่าความ ต่าง ชัดของภาพได้อีกด้วย โดยใช้ความสามารถพื้นฐานของ Imaging OS หลังจากผู้ใช้ได้ระบุโครงสร้างทั้งหมดเรียบร้อยแล้ว Cardiac Perfusion Module จะทำการคำนวณ Control Markers ของโครงสร้างและเก็บข้อมูล Texture แบบอัตโนมัติ เพื่อบันทึกลงบนฐานข้อมูลการรู้จำ

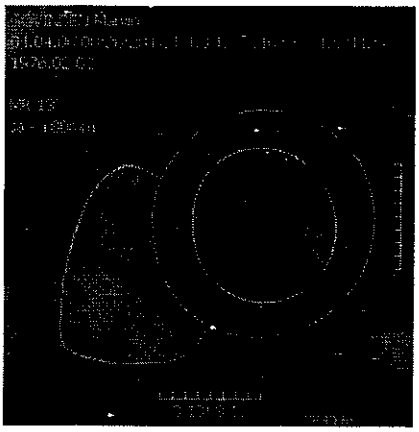
หมายเหตุ รายละเอียดเกี่ยวกับขั้นตอนวิธีการได้มาซึ่งฐานข้อมูลการรู้จำ เป็นความสามารถจำเพาะของ Processing Module ซึ่งอยู่นอกเหนือขอบเขตของงานวิจัยฉบับนี้

Semi-automatic Structure Recognition

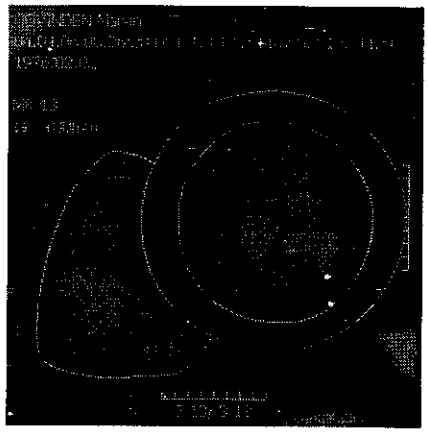
เมื่อบันทึกข้อมูลสำหรับการรู้จำเรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้สามารถดึงความสามารถในการค้นหาโครงสร้างที่ต้องการจากภาพได้ เรียกฐานข้อมูลรู้จำที่ต้องการ Module จะทำการแสดงผลโครงสร้างเฉลี่ยซ้อนทับกับภาพในหน้าจอการแสดงผลหลัก เพื่อให้ผู้ใช้กำหนดตำแหน่ง ขนาด และมุมมอง โดยประมาณของโครงสร้างที่ต้องการ ดังแสดงในรูปกลางด้านล่าง ในขั้นตอนนี้จะทำงานสัมพันธ์กับหน้าจอแสดงผลหลัก โดยสามารถใช้ MOUSE ระบุคุณสมบัติดังกล่าวได้พร้อมๆ กัน



Icon ที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนในส่วนนี้ ได้แก่ การดึงข้อมูลจากฐานฯการรู้จำ การบันทึกข้อมูล และ การประมาณตำแหน่งของโครงสร้างที่ต้องการจะค้นหา



Estimated Structure



Recognized Structure

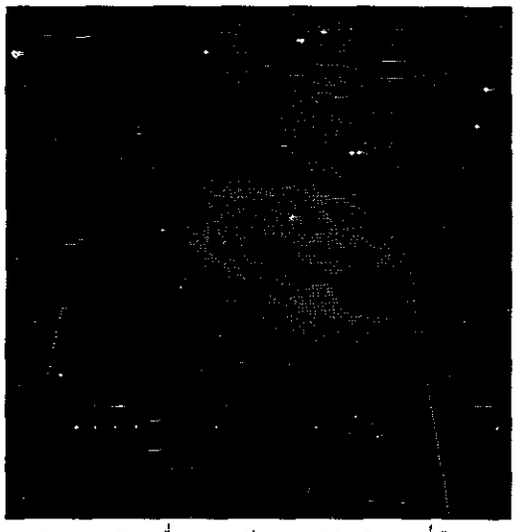
หลังจากนั้นเมื่อผู้ใช้เลือก Icon Recognize Processing Module จะทำการคำนวณหาค่าตำแหน่ง และรูปทรงที่ถูกต้องจากข้อมูลภาพโดยอัตโนมัติ โดยอาศัยข้อมูลโครงสร้างและ Texture ของกลุ่มประชากรจากฐานข้อมูลรู้จำ ดังรูป

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย

ประโยชน์ที่สำคัญจากงานวิจัยด้านการคำนวณภาพทางการแพทย์ (Medical Image Computing) และการวินิจฉัยโรคโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วย (Computer Aided Diagnosis) ในปัจจุบันได้ถูกจำกัดอยู่เพียงผลวิเคราะห์ทางสถิติของตัวชี้วัด ในสิ่งแวดล้อมห้องปฏิบัติการ ทำให้การถ่ายทอดเทคโนโลยีจากงานวิจัยไปสู่การผลิตซอฟท์แวร์ที่สามารถใช้งานได้จริงเชิงคลินิกยังขาดความต่อเนื่อง ด้วยความจำเป็นดังกล่าวข้างต้น โครงการนี้ได้เสนอการวิจัยและพัฒนาซอฟท์แวร์ระบบปฏิบัติการซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกลางเชื่อมโยงระหว่างขั้นตอนวิธีจากงานวิจัยด้านเทคโนโลยีระบบคอมพิวเตอร์ ไปสู่การใช้งานจริงในการวินิจฉัย และวิจัยทางการแพทย์ ซึ่งมีความน่าเชื่อถือสูงเพื่อแจกจ่ายให้กับหน่วยงานให้บริการสาธารณสุขและสถาบันการศึกษาที่มีความประสงค์จะเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อย่นระยะเวลา และลดช่วงรอยต่อระหว่างการวิจัยและพัฒนาด้านเทคโนโลยีระบบคอมพิวเตอร์ และการเผยแพร่ซอฟต์แวร์ในเชิงพาณิชย์ ซึ่งในอนาคตจะเป็นพื้นฐานอันสำคัญยิ่ง เพื่อรองรับงานวิจัยจากคณาจารย์ และบัณฑิตศึกษาในสาขาที่เกี่ยวข้อง

ผลสัมฤทธิ์ที่ได้จากโครงการนี้เป็นระบบซอฟต์แวร์สำเร็จรูป ที่ทำหน้าที่ประมวลผลจากภาพถ่าย ทางการแพทย์ และนำเสนอตัวแปรที่มีนัยสำคัญต่อการตัดสินใจ ต่อแพทย์เฉพาะทาง เพื่อใช้ประกอบการวินิจฉัย อาการของโรคและ แนะแนวทางบำบัดรักษาที่เหมาะสม กับระยะของอาการ และสถานการณ์เฉพาะของผู้ป่วย อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ข้อมูลเชิงสถิติ ที่ได้จากการเฝ้าติดตามอาการ ยังสามารถนำ ไปใช้ในงานวิจัยขั้นทุติยภูมิ เช่น ในการออกแบบเวชภัณฑ์รักษาโรค หรืออวัยวะเทียม ที่เหมาะสมกับลักษณะเฉพาะของ กลุ่มผู้ป่วยในท้องถิ่นอีกด้วย องค์ความรู้ และซอฟต์แวร์ต้นแบบ ที่ได้จากโครงการวิจัยนี้ สามารถใช้เป็นพื้นฐาน ในการพัฒนาระบบ คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการวินิจฉัย บนมาตรฐานร่วมเดียวกัน ทำให้การเชื่อมโยง และแลกเปลี่ยนข้อมูลที่จำเป็น ต่อการดำเนินงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และยังกระตุ้น ให้เกิดการประสานพันธะกิจ ในด้านงานวิจัย และพัฒนา เทคโนโลยีในรูปแบบผสมผสาน ระหว่างสถาบันวิจัยวิชาการ และ หน่วยงานด้านสาธารณสุข เพื่อส่งเสริมมูลค่าเพิ่มของงานวิจัยภายในประเทศในอนาคต

งานวิจัยต่อยอดในส่วนของ Processing Module



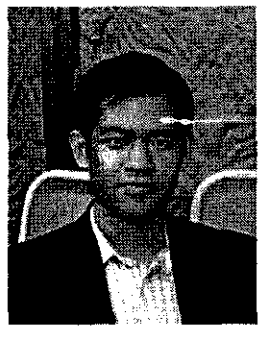
นอกเหนือจากงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อช่วยวิเคราะห์ประสิทธิภาพการไหลเวียนโลหิต ในกล้ามเนื้อหัวใจ ซึ่งเป็นตัวอย่างกรณีศึกษาในบทที่ 4 แล้ว ในขณะนี้ยังมีงานวิจัยเทคโนโลยี ระบบคอมพิวเตอร์เพื่อสนับสนุน การวินิจฉัยและวิจัยทางการแพทย์ที่กำลังอยู่ในระหว่างดำเนินการ เช่น การวิจัย และพัฒนาขั้นตอนวิธีในการจำลองทันตกรรมจัดฟัน และ การผ่าตัดฝังรากฟันเทียม ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนบัณฑิตศึกษาจากศูนย์เทคโนโลยีทางทันตกรรมชั้นสูง (ADTEC) และการออกแบบขั้นตอนวิธีในการสร้างอวัยวะเทียมจากภาพถ่ายรังสีของผู้ป่วยจริง (ดังรูป) ซึ่งงานวิจัยเหล่านี้เมื่อแล้วเสร็จสามารถนำไป ต่อยอดกับโครงการนวัตกรรมชิ้นนี้ได้ทันที ด้วยระยะเวลา และขั้นตอนในการปรับแปลงและถ่ายทอดเทคโนโลยีค่อนข้างกระชับ เนื่องจากมีระบบปฏิบัติการที่ยืดหยุ่นรองรับ ทำให้การประยุกต์ใช้งานวิจัยทางทฤษฎีไปยังกลุ่มเป้าหมายเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน ทั้งในแง่เศรษฐกิจ และการบริหารจัดการ

แผนการวิจัยและพัฒนาระยะที่สอง

แนวทางในการพัฒนาโครงการนวัตกรรมที่ได้นำเสนอในที่นี้ ได้แบ่งออกเป็นสองแขนง ได้แก่

1. การปรับปรุงประสิทธิภาพและแจกจ่ายซอฟต์แวร์ไปยังกลุ่มเป้าหมาย ในลักษณะของการปรับแปลง และถ่ายทอดเทคโนโลยี โดยหน่วยงานภาคีด้านสาธารณสุข และ/หรือ สถานศึกษา สถาบันวิจัยที่สนใจ ทำบันทึกร่วมมือความตกลง (Memoir of Understanding) เพื่อส่งเสริมและพัฒนาระบบซอฟต์แวร์ โดยการแลกเปลี่ยน ข้อมูลทดสอบ บุคคลากร หรือ ขั้นตอนวิธี ชุดคำสั่ง ตามความเหมาะสม และความเชี่ยวชาญของหน่วยงาน เพื่อเสริมสร้างและกระตุ้นให้เกิดความร่วมมือเชิงวิชาการ ในการพัฒนา Processing Module ต่อยอด ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้จริงในบริบทที่กำหนดโดยกลุ่มภาคีที่เกี่ยวข้อง ในบางกรณีอาจนำไปสู่การใช้งานอย่างแพร่หลายในกลุ่มผู้ใช้ทั่วไปได้อีกด้วย
2. การพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพ ดำเนินการโดยคณะผู้จัดทำโครงการนวัตกรรม เพื่อปรับปรุงให้ระบบซอฟต์แวร์สามารถทำงานผ่านระบบเครือข่าย โดยอ้างอิงกับเทคโนโลยีล่าสุด เช่น PDA (Personal Device Assistant) เนื่องจากระบบมีข้อกำหนดในการเชื่อมต่อที่ยืดหยุ่น ดังนั้น Processing Module ที่พัฒนาคู่ขนานกัน สามารถนำมากลับมาใช้ใหม่ได้โดยมีการดัดแปลงน้อยที่สุด เท่าที่เป็นไปได้ และแนวทางหนึ่งซึ่งนำไปสู่การเผยแพร่ซอฟต์แวร์ ในเชิงพาณิชย์ ได้แก่ การนำระบบ Application Server มาปรับใช้เพื่อเก็บค่าบริการการเข้าใช้ Processing Module เป็นต้น

ประวัติย่อของหัวหน้าโครงการ



Dr. Horkaew received his B.Eng. (*1st Class Honors*) in Telecommunication Engineering (1999) from King Mongkut's Institute of Technology (KMIT), Ladkrabang. During his undergraduate study, he was working on medical informatics research at the Computed Tomography Laboratory, NECTEC (1997-99). As an RA at the institute, he was involved in both software development, notably *CalScore*®, and FPGA design projects. He had then continued his research, supported by the Ministry of Science, in medical image computing at the Visual Information Processing research group, Imperial College London (2000-04). His Ph.D. thesis focused on an efficient and automatic method for constructing the optimal statistical deformable model for complex topological shapes with application to cardiovascular imaging. Based on the *p*-Harmonic analysis on manifolds and information theory, the resultant model is not only concise but also able to capture the intrinsic morphology of typical human hearts. As a part of his research, in collaboration with the Royal Brompton Hospital London, he also co-wrote a computer assisted diagnosis (CAD) software for cardiovascular magnetic resonance images (*CMRTools*®), currently being clinically validated by several international research and medical centers. He is now a lecturer at the School of Computer Engineering, Suranaree University of Technology. His main research interests include Computational Anatomy, Digital Geometry Processing, Computer Vision and Graphics, and Evolution of Harmonic Maps on Riemannian Surfaces with Applications to Nonlinear PDE.

เอกสารอ้างอิง

1. P. Horkaew (2006), Medical Image Computing in Cardiology, NECTEC Technical Journal.
2. P. Horkaew (2004), Computational Diagnostic Imaging and Computer-Assisted Therapeutic Intervention for Cardiovascular Diseases, Proceedings of MedIT.
3. E.H. Shortliffe and M.S. Blois (2001), The Computer Meets Medicine: Emergence of a Discipline, Medical Informatics: Computer Applications in Healthcares.
4. http://www.psychology.nottingham.ac.uk.staff/cr1/mricro.html
5. http://www.hipax.de/pageseng/service/hfreewar.htm
6. http://dcm4che.sourceforge.net
7. http://dicom.offis.de/dcmtk.php.en
8. http://www.efilm.ca
9. DESACC, Digital Jacket 4.5 (Professional) (2006), Software Products.
10. NEMA (National Electrical Manufacturers Association (2004), DICOM Standard, Part 1 -- 18.
11. W.T. Dejarnette (1999), PACS The Next Generation, Applied Radiology.
12. I--Do—Imaging (http://www.idoimaging.com), New DICOM Software Releases.
13. S. Barre (2003), Medical Imaging Samples (and the references therein).

The Development of Computer Assisted Diagnostic and Medical Research Imaging Software © 2007 All Rights Reserved