วารสารพัฒนบริหารศาสตร์
ปีที่ 33 ฉบับที่ 3 กรกฎาคม-กันยายน 2536

การพัฒนาระบบประมวลคำถามแบบกระจาย บนระบบฐานข้อมูลอิสระในโครงข่ายคอมพิวเตอร์

สมชิด ศิริผลหลาย[1] และ ดร.ศุภมิตร จิตตะยโศธร[2]

บทคัดย่อ บทความนี้เสนอการออกแบบและสร้างระบบประมวลผลคำถาม สำหรับเชื่อมต่อระบบจัดการฐานข้อมูลแบบสัมพันธ์ ออราเคิล (Oracle) หลายระบบ ซึ่งแต่ละระบบทำงานโดยอิสระได้อยู่แล้ว ให้สามารถปฏิบัติงานร่วมกันได้ เป็นระบบฐานข้อมูลแบบกระจายในโครงข่ายคอมพิวเตอร์ที่ใช้โปรโตคอล TCP/IP ภายใต้ระบบปฏิบัติการยูนิกซ์ โดยไม่จำเป็นต้องแก้ไขระบบจัดการฐานข้อมูลที่มีอยู่แล้วแต่ประการใด และในการเข้าถึงข้อมูลของระบบประมวลผลคำถามนั้น ได้ใช้วิธีการเข้าถึงข้อมูลที่ปรับปรุงแล้ว (Query Optimization) รวมทั้งนำกฎบังคับความถูกต้อง (Integrity Constraints) มาช่วยในการประมวลผลคำถามด้วย สำหรับสถาปัตยกรรมของระบบนี้ สามารถประยุกต์ให้ใช้งานได้บนระบบโครงข่ายคอมพิวเตอร์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการโปรโตคอล และระบบจัดการฐานข้อมูลแบบสัมพันธ์อื่น ๆ ได้เช่นกัน

1. บทนำ

นับวันข่าวสารและข้อมูลจะถูกนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์มากขึ้น ทั้งในองค์กรของรัฐและเอกชน ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะใช้ระบบจัดการฐานข้อมูล เพื่อค้นหาและจัดเก็บข้อมูลที่มีอยู่ ให้เป็นไปด้วยความรวดเร็วและถูกต้อง รวมทั้งบำรุงรักษาข้อมูลให้อยู่ในสภาพพร้อมที่จะใช้งาน

อย่างไรก็ตาม ระบบจัดการฐานข้อมูลแบบรวม (Centralized database management system) อาจจะไม่เหมาะสมกับการใช้งานในบางลักษณะ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสภาพทางภูมิศาสตร์ หรือ ความจำกัดทางกายภาพของระบบจัดการฐานข้อมูลแบบรวม จึงมีการนำระบบจัดการฐานข้อมูลแบบกระจาย (Distributed database management system) มาใช้ ซึ่งระบบจัดการฐานข้อมูลแบบนี้ จะมีการจัดเก็บข้อมูลไว้ตามส่วนต่างๆของระบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการใช้งานของข้อมูล

ปัจจุบันนี้ มีบริษัทต่างๆได้ผลิตโปรแกรม ที่มีความสามารถในการเชื่อมต่อระบบฐาน ข้อมูลแบบรวมให้เป็นระบบฐานข้อมูลแบบกระจาย เช่น INGRES/NET [1,2] สามารถเชื่อมต่อระบบฐานข้อมูลที่ใช้ระบบจัดการฐานข้อมูลอินเกรส (INGRES) เข้าด้วยกัน เป็นระบบฐานข้อมูลแบบกระจาย, SQL*NET [3]

---

[1] นักศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เป็นโปรแกรมที่เชื่อมต่อระบบฐานข้อมูลที่ใช้ระบบจัดการฐานข้อมูลออราเคิล (Oracle) ให้เป็นระบบฐานข้อมูลแบบกระจาย จะเห็นว่า โปรแกรมต่างๆเหล่านี้ จะถูกผลิตมาเพื่อสนับสนุนระบบจัดการฐานข้อมูลของบริษัทนั้นๆโดยเฉพาะ

ในการเชื่อมต่อระบบจัดการฐานข้อมูลแบบรวม ให้เป็นระบบจัดการฐานข้อมูลแบบกระจายนั้น สามารถที่จะเชื่อมต่อได้ด้วยระบบโครงข่ายคอมพิวเตอร์ ที่ส่งข้อมูลได้ในอัตราที่สูง และเลือกใช้กรรมวิธีในการเชื่อมต่อที่แตกต่างกันออกไป เพื่อให้มีการประมวลผลเร็วที่สุด ซึ่งกรรมวิธีเหล่านี้มีการคิดค้น และรวบรวมไว้มากมาย เช่น การใช้กฎบังคับความถูกต้อง [6] การปรับปรุงคำถาม [7,8] การกำหนดสถานที่ของการประมวลผลคำถาม [9] เป็นต้น

ในบทความนี้ได้นำเสนอ การออกแบบและสร้างระบบประมวลผลคำถาม สำหรับเชื่อมต่อระบบจัดการฐานข้อมูลแบบรวม ที่สามารถทำงานเป็นระบบจัดการฐานข้อมูลได้โดยอิสระ ซึ่งในที่นี้ใช้ระบบจัดการฐานข้อมูลออราเคิลเวอร์ชัน 5.1 ให้สามารถทำงานเป็นระบบจัดการฐานข้อมูลแบบ กระจายได้ ในโครงข่ายคอมพิวเตอร์ที่ใช้โปรโตคอลทีซีพี/ไอพี (TCP/IP) ภายใต้ระบบปฏิบัติการยูนิกซ์ (UNIX) โดยมีการวิเคราะห์คำถามและข้อมูล เพื่อให้ใช้เวลาในการประมวลผลน้อยลง [4,5] โดยมีการตรวจสอบคำถามด้วยกฎบังคับความถูกต้อง, การปรับปรุงคำถาม และ การกำหนดสถานที่ (Site) ในการประมวลผลคำถาม โดยจะเรียกระบบที่ได้พัฒนาอย่างย่อๆว่า DDQ/1 ซึ่งในรายละเอียดจะได้กล่าวในบทต่อไป

2. สถาปัตยกรรมของระบบ DDQ/1

เนื่องจากระบบประมวลผลคำถามแบบกระจาย DDQ/1 ที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ ได้ออกแบบสำหรับใช้กับระบบปฏิบัติการทั่วไป ที่เป็นระบบปฏิบัติการแบบหลายงาน (Multitasking) คือ สามารถทำงานพร้อมกันได้หลายๆงาน รวมทั้งมีคุณสมบัติที่สามารถสร้างกระบวนการ (Process) ขึ้นจากกระบวนการที่ประมวลผลอยู่แล้วได้ โดยอาศัยคุณสมบัติของระบบปฏิบัติการที่กล่าวมา ทำให้สามารถออกแบบระบบฐานข้อมูลแบบกระจาย DDQ/1 ให้มีความสามารถที่จะบริการผู้ใช้งานในสถานที่หนึ่ง ได้หลายผู้ใช้งานในเวลาเดียวกัน

เนื่องจากระบบปฏิบัติการยูนิกซ์ (UNIX) เป็นระบบปฏิบัติการที่มีคุณสมบัติตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น [10] และเป็นระบบปฏิบัติการที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย จึงได้เลือกใช้ระบบปฏิบัติการยูนิกซ์ เป็นระบบปฏิบัติการในการทดลองสร้างระบบประมวลผลคำถามแบบกระจาย DDQ/1 โดยการออกแบบส่วนจัดการฐานข้อมูลแบบกระจาย ที่อยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่อง จะประกอบไปด้วยส่วนทำงานหลักๆ 4 ส่วนด้วยกัน ที่ทำงานประสานกันดังแสดงไว้ในรูปที่ 1 ซึ่งจะได้อธิบายถึงการทำงานของแต่ละส่วนในหัวข้อต่อไป โดยในหัวข้อ 2.1 จะอธิบายพอสังเขปเท่านั้น เพื่อจะได้เข้าใจถึงการทำงานร่วมกันของทั้ง 4 ส่วน และการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลที่อยู่บนคอมพิวเตอร์เครื่องอื่น สำหรับรายละเอียดในแต่ละ

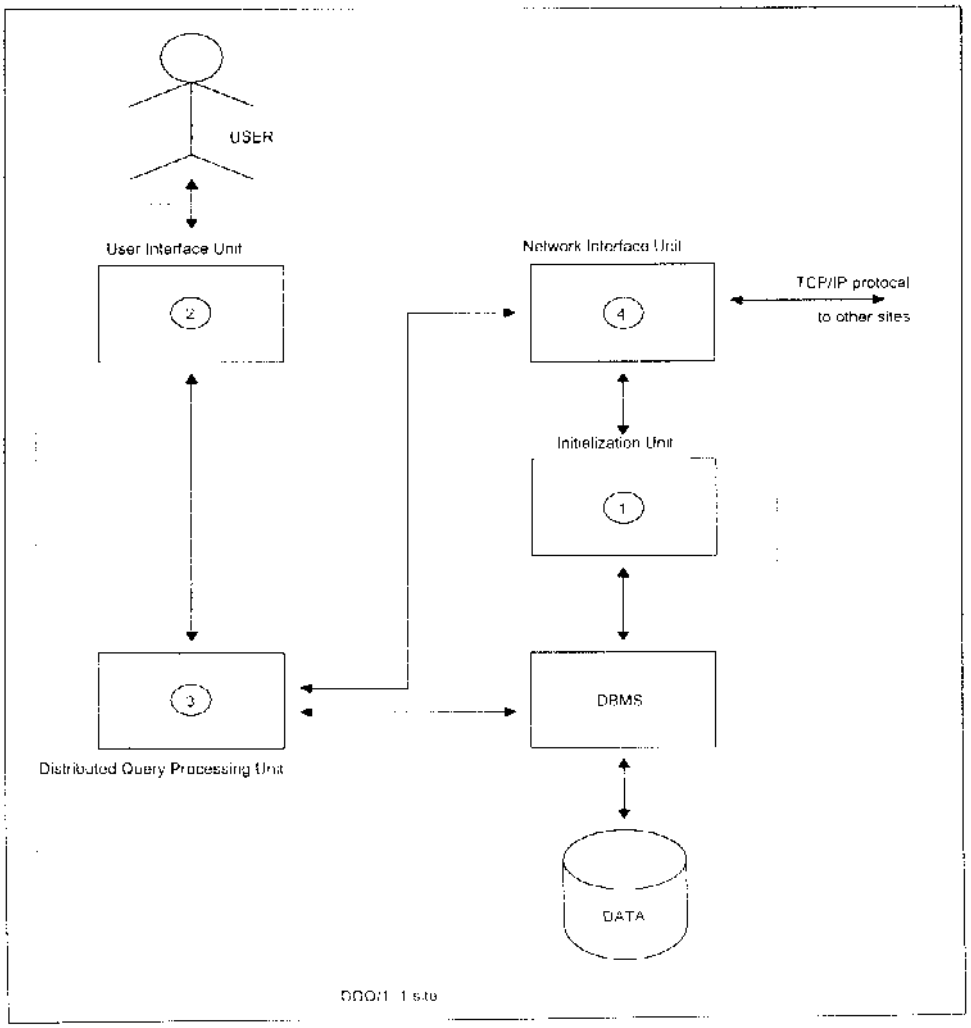
ส่วนได้อธิบายไว้ในหัวข้อ 2.2 ถึง 2.5 ต่อไป ส่วนหัวข้อ 2.6 จะกล่าวถึงฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ DDQ/1

2.1 สถาปัตยกรรมของระบบ DDQ/1 โดยรวม

2.1.1 ส่วนจัดการกระบวนการเริ่มต้น

ส่วนนี้จะเป็นโปรแกรมที่มีหน้าที่จัดการเกี่ยวกับพจนานุกรมฐานข้อมูล (Data Dictionary หรือ System Catalog) ของระบบฐานข้อมูลแบบกระจาย และจัดเก็บกฎบังคับความถูกต้อง (Constraints หรือ Validation Rules) เข้าสู่ฐานข้อมูล โดยผู้ดูแลระบบฐานข้อมูลท้องถิ่น (Local Database Administrator) จะเป็นผู้เรียกใช้โปรแกรมส่วนนี้ในครั้งแรกที่ทำการติดตั้งระบบฐานข้อมูล DDQ/1

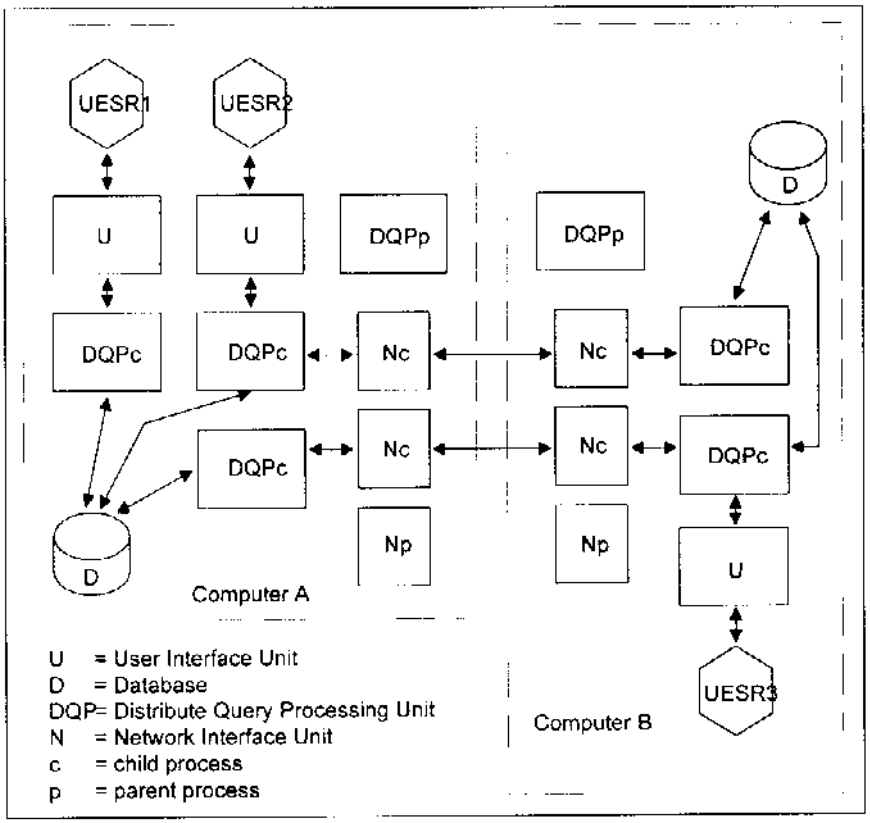
ในส่วนจัดเก็บกฎบังคับความถูกต้องนั้น จะรับกฎบังคับความถูกต้องจากผู้ดูแลระบบฐานข้อมูล และจัดเก็บเข้าสู่ฐานข้อมูล ปรกติโปรแกรมส่วนนี้จะถูกเรียกใช้ในตอนติดตั้งระบบเท่านั้น แต่ก็สามารถที่จะเรียกใช้ได้ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงกฎบังคับความถูกต้อง



รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างระบบฐานข้อมูลแบบกระจาย DDQ/1 บนคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่อง

สำหรับส่วนจัดการเกี่ยวกับพจนานุกรมฐานข้อมูล จะทำหน้าที่ในการรับข้อมูลจากผู้ดูแลระบบฐานข้อมูล เก็บเข้าสู่พจนานุกรมฐานข้อมูลท้องถิ่น และยังนำข้อมูลของพจนานุกรมฐานข้อมูลท้องถิ่นจากคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นๆ มาสร้างเป็นพจนานุกรมฐานข้อมูลโดยรวมของฐานข้อมูลบนคอมพิวเตอร์เครื่องนั้นๆ ด้วยวิธีการส่งคำถามไปยังคอมพิวเตอร์ทีละเครื่องที่อยู่ในระบบฐานข้อมูลแบบกระจายเดียวกัน ผ่านส่วนเชื่อมต่อโครงข่าย (Network Interface) จากนั้นจะนำข้อมูลที่ได้ส่งให้กับระบบจัดการฐานข้อมูล จัดเก็บไว้ในตารางพจนานุกรมฐานข้อมูลโดยรวม เพื่อใช้ในการประมวลผลของส่วนอื่นๆต่อไป

หลังจากผู้ดูแลระบบฐานข้อมูลเรียกใช้โปรแกรมส่วนนี้ และโปรแกรมทำงานเสร็จสมบูรณ์แล้ว กระบวนการของโปรแกรมก็จะสิ้นสุดลง และผู้ใช้งานสามารถจะเข้าถึงข้อมูลได้ โดยไม่จำเป็นจะต้องมีกระบวนการของส่วนเริ่มต้นทำงานอยู่



รูปที่ 2 แสดงลักษณะโครงสร้างกระบวนการประมวลผลของฐานข้อมูล DDQ/1 ขณะใช้งาน

2.1.2 ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

ส่วนติดต่อผู้ใช้งานนี้ จะเป็นโปรแกรมที่ผู้ใช้งานเป็นผู้เรียกใช้ในการเข้าถึงข้อมูล โดยส่วนนี้จะมีหน้าที่ในการรับคำถามจากผู้ใช้งาน เป็นภาษาพีชคณิตสัมพันธ์ (Relational Algebra) และส่งคำถามที่รับมาจากผู้ใช้งานให้กับส่วนประมวลผลคำถามแบบกระจาย ในรูปแบบของต้นไม้เชิงพีชคณิตสัมพันธ์ (Relational Algebra Tree) จากนั้นจะรอรับข้อมูลที่เป็นผลลัพธ์ของคำถามจากส่วนประมวลผลคำถามแบบกระจาย เพื่อนำกลับมาแสดงผลแก่ผู้ใช้งาน และรอรับคำถามใหม่จากผู้ใช้งานต่อไป จนกว่าการทำงานจะสิ้นสุดด้วยการรับคำสั่งสิ้นสุดการทำงานจากผู้ใช้งานโดยตรง

จากการที่ผู้ใช้งานแต่ละคน สามารถเรียกใช้โปรแกรมนี้ได้อย่างอิสระ ทำให้กระบวนการติดต่อผู้ใช้งาน ในแต่ละกระบวนการของผู้ใช้งานแต่ละคน มีการใช้หน่วยความจำเพื่อเก็บข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการ (Process Information) และคำสั่งทำงาน (Instructions) ได้อย่างอิสระ หลังจากที่ผู้ใช้งานเสร็จสิ้นการใช้งานแล้ว กระบวนการติดต่อผู้ใช้งานของผู้ใช้งานนั้นๆ ก็จะสิ้นสุดลงด้วย ทำให้ระบบปฏิบัติการสามารถที่จะนำหน่วยความจำที่ถูกใช้งานโดยกระบวนการที่สิ้นสุดลงไปใช้งานอย่างอื่นได้

2.1.3 ส่วนประมวลผลคำถามแบบกระจาย

ส่วนนี้จะรับคำถามในลักษณะต้นไม้เชิงพีชคณิตสัมพันธ์จากส่วนติดต่อผู้ใช้งาน หรือจากคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นที่ส่งผ่านมาทางส่วนเชื่อมต่อโครงข่าย แล้วทำการวิเคราะห์คำถามที่รับมาได้ เพื่อให้การประมวลผลคำถามได้ผลลัพธ์ในเวลารวดเร็วขึ้น และให้มีการส่งข้อมูลน้อยลงในกรณีที่ต้องส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ จากนั้นจะเปลี่ยนคำถามที่ผ่านการ วิเคราะห์แล้ว เป็นภาษาสอบถามเชิงโครงสร้าง (SQL) เพื่อส่งให้ระบบจัดการฐานข้อมูลออราเคิล ในกรณีที่คำถามต้องการเข้าถึงข้อมูลในสถานที่อื่น ส่วนประมวลผลคำถามก็จะส่งคำถามในลักษณะต้นไม้เชิงพีชคณิตสัมพันธ์ที่ผ่านการวิเคราะห์แล้ว ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เก็บข้อมูลอยู่ และรอรับข้อมูลคำตอบส่งกลับให้กับส่วนที่ส่งคำถามมา การทำงานของกระบวนการประมวลผลคำถามแบบกระจายนี้ จะเป็นลักษณะการทำงานแบบหน่วยบริการ (Server) กล่าวคือ โปรแกรมส่วนนี้จะถูกเรียกใช้ครั้งแรกโดยผู้ดูแลเครื่องคอมพิวเตอร์ (System Administrator) แล้วกระบวนการจะรอรับการติดต่อจากกระบวนการส่วนอื่นๆ เมื่อมีการติดต่อมาจากกระบวนการส่วนอื่น กระบวนการประมวลผลคำถามแบบกระจาย ก็จะทำการสร้างกระบวนการขึ้นใหม่ที่มีคุณสมบัติเหมือนเดิม ด้วยการแยก (fork) กระบวนการเป็นสองกระบวนการ ได้แก่ กระบวนการพ่อ (Parent Process) และกระบวนการลูก (Child Process) กระบวนการพ่อจะรอรับการติดต่อจากกระบวนการอื่นทันทีที่แยกกระบวนการลูกเสร็จ ส่วนกระบวนการลูกจะทำการประมวลผลคำถามต่อไปจนเสร็จ จากนั้นกระบวนการลูก ก็จะสิ้นสุดลง

ด้วยคุณสมบัติการแยกกระบวนการนี้เอง ทำให้เวลาขณะหนึ่งๆ อาจจะมีกระบวนการลูกอยู่หลายกระบวนการก็ได้ ซึ่งกระบวนการลูกทั้งหมดที่แยกตัวออกมาจากกระบวนการพ่อ รวมทั้ง

กระบวนการพ่อเองด้วย จะมีการใช้หน่วยความจำสำหรับเก็บคำสั่งทำงานร่วมกัน แต่จะแยกเก็บข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการออกจากกัน [10] โดยการทำงานในลักษณะหน่วยบริการนี้ จะทำให้สามารถลดปริมาณการใช้หน่วยความจำลงได้ อย่างไรก็ตามจำนวนกระบวนการจะขึ้นอยู่กับระบบปฏิบัติการ

2.1.4 ส่วนเชื่อมต่อโครงข่าย

ส่วนนี้จะทำหน้าที่คอยรับการติดต่อจากส่วนประมวลผลคำถามแบบกระจาย หรือ ส่วนจัดการกระบวนการเริ่มต้น เพื่อทำหน้าที่เชื่อมต่อกับส่วนเชื่อมต่อโครงข่ายบนคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นได้ และทำนองกลับกันก็ทำหน้าที่รับการติดต่อจากส่วนเชื่อมต่อโครงข่ายที่อยู่บนคอมพิวเตอร์เครื่องอื่น ให้สามารถเชื่อมต่อกับส่วนประมวลผลคำถามแบบกระจายได้ เพื่อรับ-ส่งคำถาม หรือ ข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ ลักษณะการทำงานของส่วนเชื่อมต่อโครงข่ายนี้ จะมีลักษณะเช่นเดียวกับกระบวนการประมวลผลคำถามแบบกระจาย คือ เป็นแบบหน่วยบริการ กล่าวคือ โปรแกรมจะถูกเรียกใช้โดยผู้ดูแลเครื่องคอมพิวเตอร์ครั้งแรกเพียงครั้งเดียว จากนั้นกระบวนการพ่อจะแยกกระบวนการทุกครั้งที่มีการติดต่อจากกระบวนการอื่น

จากสถาปัตยกรรมที่กล่าวมาข้างต้น จะขอยกตัวอย่างแสดงลักษณะโครงสร้างของกระบวนการทั้งหมดขณะใช้งานจริง ดังรูปที่ 2 ซึ่งอธิบายได้ดังนี้คือ ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ A ผู้ใช้งาน user1 เรียกใช้โปรแกรมส่วนติดต่อผู้ใช้งาน และมีการป้อนคำถามที่เข้าถึงข้อมูลเฉพาะที่อยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์ A เท่านั้น ส่วนผู้ใช้งาน user2 เรียกใช้โปรแกรมส่วนติดต่อ ผู้ใช้งานจากเครื่องคอมพิวเตอร์ A มีการเข้าถึงข้อมูลที่เก็บไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ A และเครื่องคอมพิวเตอร์ B สำหรับผู้ใช้งาน user3 นั้น เรียกใช้โปรแกรมส่วนติดต่อผู้ใช้งานจากเครื่องคอมพิวเตอร์ B และคำถามที่ป้อนให้กับโปรแกรมมีการเข้าถึงข้อมูลที่อยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์ A และ B

2.2 ส่วนจัดการกระบวนการเริ่มต้น (Initialization Unit)

ส่วนจัดการกระบวนการเริ่มต้นนี้ จะทำหน้าที่ในการสร้างและปรับปรุงข้อมูลของพจนานุกรมฐานข้อมูล ของระบบฐานข้อมูลแบบกระจายที่ใช้สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นๆ และยังทำหน้าที่ในการจัดเก็บกฎบังคับความถูกต้องด้วย ดังนั้นในส่วนรายละเอียดจะแยกกล่าวตามการทำงานเป็นสองส่วน คือ ส่วนพจนานุกรมฐานข้อมูล และส่วนจัดเก็บกฎบังคับความถูกต้องดังต่อไปนี้

2.2.1 ส่วนพจนานุกรมฐานข้อมูล

โดยปรกติแล้ว ระบบฐานข้อมูลที่ทำงานได้โดยอิสระ จะมีพจนานุกรมฐานข้อมูลใช้อยู่แล้ว เพื่อเก็บข้อมูลที่เกี่ยวกับฐานข้อมูลนั้นๆ เมื่อระบบฐานข้อมูลถูกนำมาสร้างเป็นระบบฐานข้อมูลแบบกระจาย จำเป็นจะต้องมีพจนานุกรมฐานข้อมูลสำหรับระบบฐานข้อมูลแบบกระจายด้วย สำหรับเก็บข้อมูลที่เกี่ยว

ก้าเระบบฐานข้อมูลแบบกระจาย เพื่อใช้สำหรับการประมวลผลในขั้นตอนต่างๆ ซึ่งส่วนพจนานุกรมนี้จะประกอบไปด้วยส่วนย่อยๆหลายส่วนด้วยกัน อธิบายได้ดังนี้ คือ

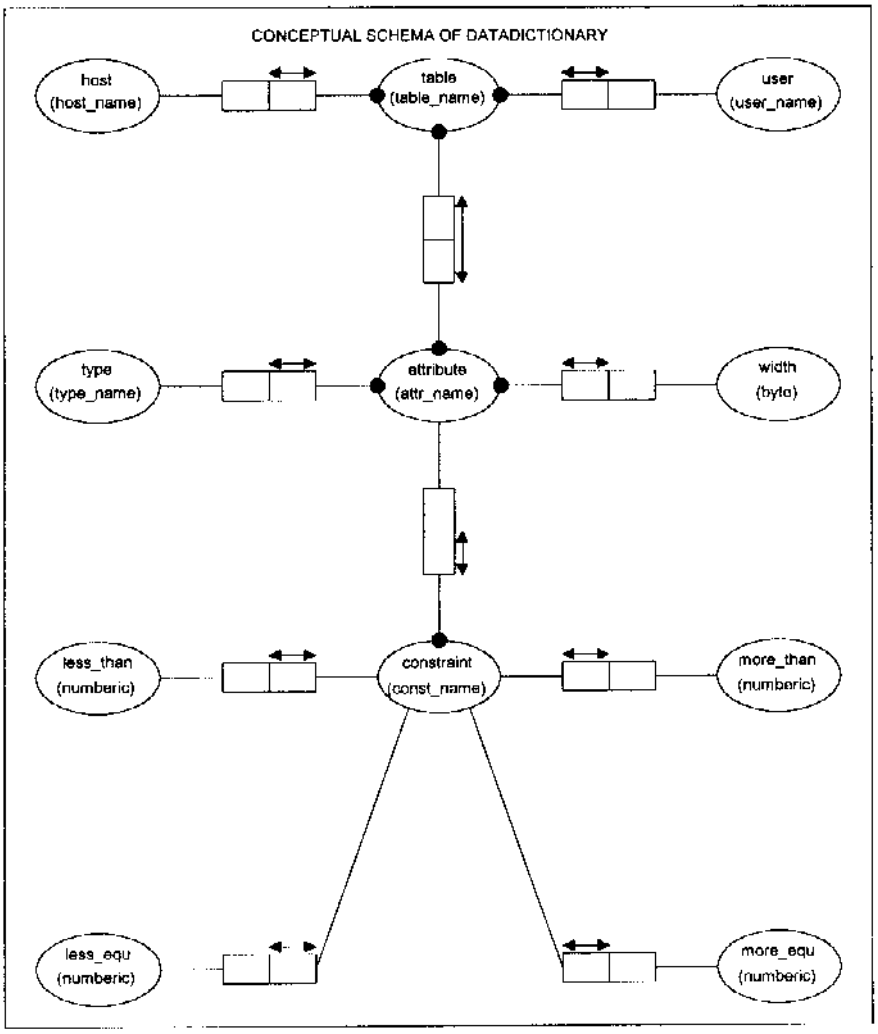
2.2.1.1 ส่วนสร้างตารางพจนานุกรมฐานข้อมูล

ตารางพจนานุกรมฐานข้อมูล นับเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งในการออกแบบ และสร้างระบบฐานข้อมูล ซึ่งการออกแบบตารางพจนานุกรมฐานข้อมูล จะมีผลถึงการออกแบบส่วนอื่นๆด้วย สำหรับตารางพจนานุกรมฐานข้อมูลของระบบ DDQ/I ที่สร้างขึ้น ได้ออกแบบให้สามารถเก็บกฎบังคับความถูกต้องไว้ด้วย โดยการใช้รูปแบบการแสดง Conceptual Schema ในรูปของ NIAM (Nijssen Information Analysis Methodology) [12] เป็นบรรทัดฐานในการออกแบบ โดยใช้ข้อกำหนดว่า ในระบบฐานข้อมูลที่ทำงานได้โดยอิสระทั้งหมดนั้น จะไม่มีความสัมพันธ์(ตารางข้อมูล)ใดที่อยู่ในระบบฐานข้อมูลที่ทำงานได้โดยอิสระมากกว่าหนึ่งระบบ และชื่อของแอททริบิวที่เหมือนกันจะต้องเก็บข้อมูลที่มีโดเมนเดียวกันด้วย และหากมีกฎบังคับความถูกต้องที่ระบุถึงชื่อแอททริบิวใด กฎบังคับความถูกต้องนั้นก็จะมีผลต่อทุกๆแอททริบิวที่มีชื่อเหมือนกัน โดยกฎบังคับความถูกต้องจะเป็นชนิดบอกโดเมน (Domain Constraint) ด้วยการใช้ข้อกำหนดดังกล่าวสามารถที่จะสร้างรูปแบบของ NIAM ได้ดังแสดงในรูปที่ 3 และเปลี่ยนเป็นตารางสำหรับเก็บข้อมูลของพจนานุกรมฐานข้อมูลได้ ดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องที่ประกอบขึ้นเป็นระบบฐานข้อมูลแบบกระจาย DDQ/I จะต้องมีตารางพจนานุกรมฐานข้อมูลแบบกระจายเป็นของตัวเอง

สำหรับโปรแกรมในส่วนสร้างตารางพจนานุกรมฐานข้อมูล จะทำหน้าที่ในการสร้างตารางพจนานุกรมฐานข้อมูลท้องถิ่น และตารางพจนานุกรมฐานข้อมูลโดยรวม รวมทั้งสร้างตารางเก็บกฎบังคับความถูกต้องท้องถิ่นและตารางเก็บกฎบังคับความถูกต้องโดยรวมด้วย โดยโปรแกรมในส่วนนี้ผู้ดูแลระบบฐานข้อมูลท้องถิ่น จะเป็นผู้เรียกใช้ในขั้นตอนการติดตั้งระบบเพียงครั้งเดียวเท่านั้น หลังจากนั้นจะไม่มีการเรียกใช้โปรแกรมอีกเลย เว้นแต่ว่าจะทำการติดตั้งระบบใหม่

2.2.1.2 ส่วนป้อนข้อมูลพจนานุกรมฐานข้อมูลท้องถิ่น

พจนานุกรมฐานข้อมูลท้องถิ่น เป็นตารางข้อมูลที่สร้างขึ้นเพื่อเตรียมข้อมูล สำหรับสร้างพจนานุกรมฐานข้อมูลโดยรวมของระบบฐานข้อมูลแบบกระจาย DDQ/I ซึ่งผู้ดูแลระบบฐานข้อมูลท้องถิ่นจะเป็นผู้ป้อนข้อมูล เข้าสู่พจนานุกรมฐานข้อมูลท้องถิ่น ด้วยการเรียกใช้โปรแกรม ซึ่งโปรแกรมในส่วนนี้จะทำการค้นหาข้อมูล จากพจนานุกรมฐานข้อมูลของระบบฐานข้อมูลที่ทำงานได้โดยอิสระ แล้วทำการเพิ่มข้อมูลเข้าสู่พจนานุกรมฐานข้อมูลท้องถิ่น หลังจากนั้นส่วนป้อนข้อมูลพจนานุกรมฐานข้อมูลโดยรวม จะเป็นส่วนที่นำข้อมูลนี้ไปใช้ในการสร้างพจนานุกรมฐานข้อมูลโดยรวมต่อไป ซึ่งขั้นตอนในการสร้างพจนานุกรมฐานข้อมูลโดยรวม อธิบายไว้ในหัวข้อต่อไป



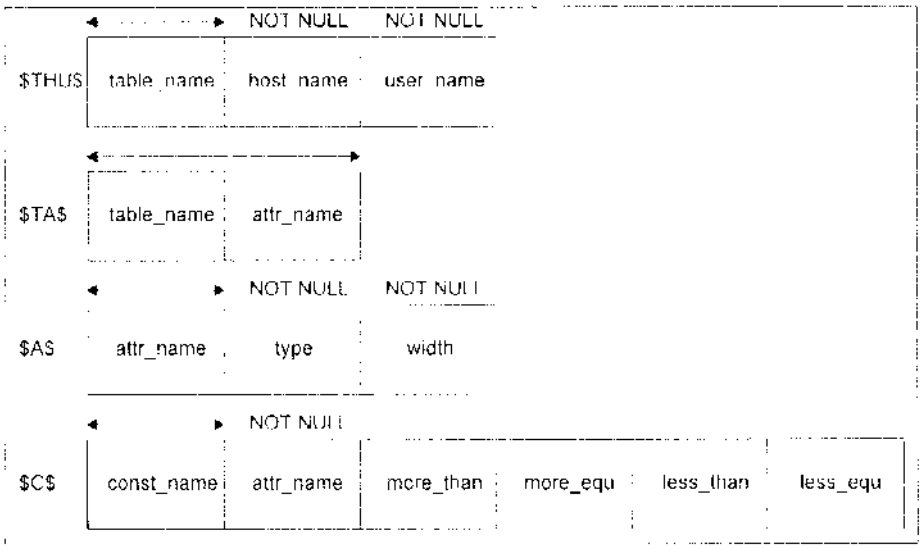
รูปที่ 3 แสดง Conceptual Schema ของพจนานุกรมฐานข้อมูล

เนื่องจากพจนานุกรมฐานข้อมูลท้องถิ่นใช้เก็บข้อมูลที่จะนำไปสร้างพจนานุกรมฐานข้อมูลโดยรวม ดังนั้นในการออกแบบ Conceptual Schema ในรูปแบบของ NIAM สำหรับพจนานุกรมฐานข้อมูลท้องถิ่น จึงมีลักษณะเหมือนกับ Conceptual Schema ของพจนานุกรมฐานข้อมูลโดยรวม ดังนั้น Conceptual Schema ในรูปแบบของ NIAM จึงมีลักษณะเช่นเดียวกับในรูปที่ 3 และเปลี่ยนเป็นตารางพจนานุกรมฐานข้อมูลท้องถิ่น ได้เช่นเดียวกับตารางในรูปที่ 4 แต่เนื่องจากในฐานข้อมูลหนึ่งๆที่สร้างเป็นระบบฐานข้อมูลแบบกระจาย DDQ/I จะต้องมีการสร้างพจนานุกรมฐานข้อมูล 2 ส่วน คือ พจนานุกรมฐานข้อมูลท้องถิ่น และพจนานุกรมฐานข้อมูลโดยรวม ซึ่งทั้งสองจะมีลักษณะเหมือนกัน ดังนั้นเพื่อให้เกิดความแตกต่าง ในการตั้งชื่อตารางพจนานุกรมฐานข้อมูลท้องถิ่น จึงได้ใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษ " L " นำหน้าชื่อตารางที่ได้จากรูปที่ 4 ซึ่งชื่อตารางทั้ง 4 จะเป็นดังนี้

LTHU , LTA , LA , LC

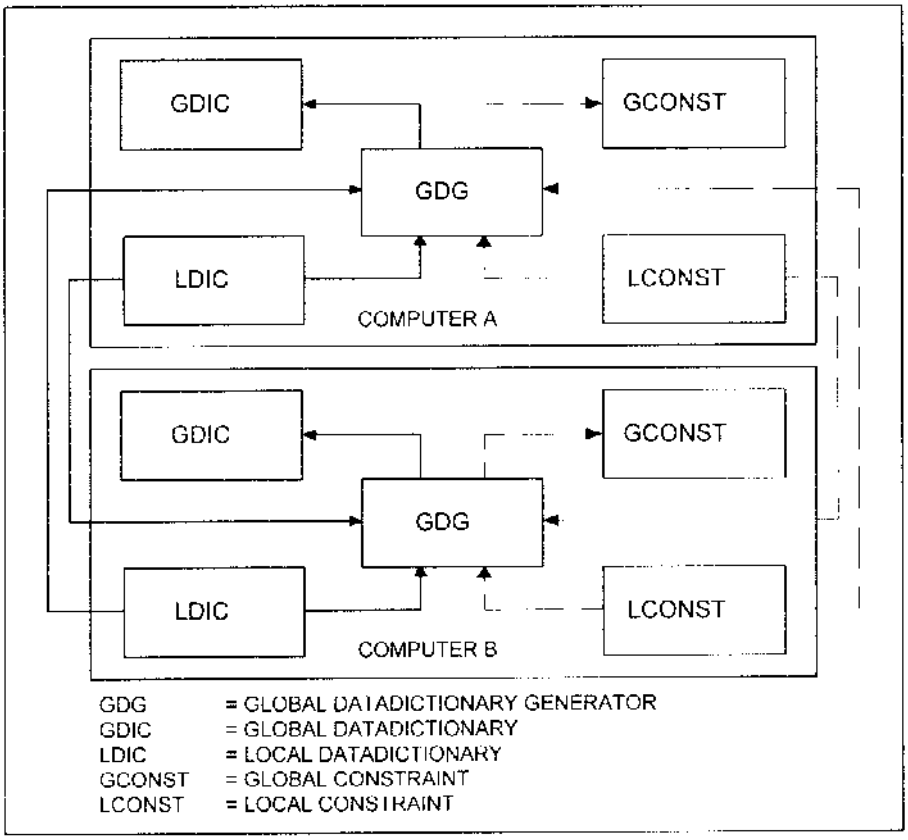
2.2.1.3 ส่วนป้อนข้อมูลพจนานุกรมฐานข้อมูลโดยรวม

ในการสร้างพจนานุกรมฐานข้อมูลโดยรวมในแต่ละเครื่องนั้น จะกระทำได้โดยการนำข้อมูลในพจนานุกรมฐานข้อมูลท้องถิ่น จากคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นๆ ที่ต้องการสร้างเป็นระบบฐานข้อมูลแบบกระจาย DDQ/1 มารวมกับพจนานุกรมฐานข้อมูลท้องถิ่นที่อยู่บนคอมพิวเตอร์เครื่องนั้นๆ โดยการส่งคำถามในรูปแบบต้นไม้เชิงพีชคณิตสัมพันธ์ ผ่านทางส่วนเชื่อมต่อโครงข่าย ไปยังคอมพิวเตอร์เครื่องที่ต้องการจะติดต่อด้วย และนำข้อมูลที่ได้ป้อนเข้าสู่พจนานุกรมฐานข้อมูลโดยรวมของคอมพิวเตอร์เครื่องนั้นๆ ในขั้นตอนการส่งคำถามรูปแบบต้นไม้เชิงพีชคณิตสัมพันธ์นั้น โปรแกรมในส่วนนี้ จะส่งคำถามที่เข้าถึงข้อมูลตามกฎบังคับความถูกต้องท้องถิ่นในคอมพิวเตอร์เครื่องที่กำลังติดต่ออยู่ด้วย และนำข้อมูลป้อนเข้าสู่ตารางข้อมูลกฎบังคับความถูกต้องโดยรวม เช่นเดียวกับข้อมูลพจนานุกรมฐานข้อมูล ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 5 ซึ่งเป็นการสร้างพจนานุกรมฐานข้อมูลของระบบฐานข้อมูลแบบกระจาย DDQ/1 ที่ประกอบด้วยระบบฐานข้อมูล 2 ระบบ



รูปที่ 4 แสดงรูปแบบตารางของพจนานุกรมฐานข้อมูล DDQ/1

ในระบบปฏิบัติการยูนิกซ์ โดยปรกติแล้วจะมีไฟล์ชื่อ /etc/hosts อยู่ ซึ่งไฟล์นี้จะเก็บชื่อของเครื่องคอมพิวเตอร์ (host name) และที่อยู่ (address) ของคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อกันเป็นระบบโครงข่าย[11] ดังนั้นในการกำหนดเครื่องคอมพิวเตอร์ที่จะติดต่อด้วย จะกระทำได้ด้วยการดูรายชื่อเครื่องคอมพิวเตอร์ในไฟล์ /etc/hosts และทำการติดต่อทีละเครื่องจนกว่าจะครบทุกเครื่อง ในกรณีที่มีคอมพิวเตอร์เครื่องใดเครื่องหนึ่ง ที่ไม่ได้อยู่ในระบบฐานข้อมูล DDQ/1 แต่ถูกเชื่อมต่อไว้ในโครงข่ายเดียวกันนั้น ในการติดต่อเพื่อที่จะส่งคำถามนั้นจะไม่มีการตอบสนองกลับมา ทำให้ทราบได้ว่า คอมพิวเตอร์เครื่องนั้นไม่ได้อยู่ในระบบ DDQ/1



รูปที่ 5 แสดงตัวอย่างการสร้างพจนานุกรมฐานข้อมูล

2.2.2 ส่วนป้อนกฎบังคับความถูกต้อง

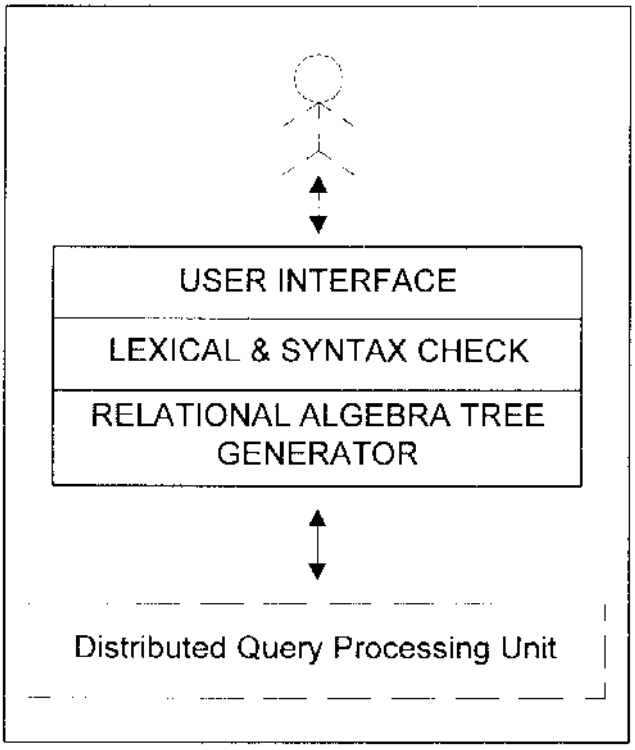
ส่วนป้อนกฎบังคับความถูกต้องนี้จะเป็นโปรแกรมที่ถูกเรียกใช้โดยผู้ดูแลระบบฐานข้อมูลท้องถิ่น เพื่อใช้ในการป้อนกฎบังคับความถูกต้องเข้าสู่ตารางเก็บกฎบังคับความถูกต้องท้องถิ่น สำหรับนำไปสร้างตารางเก็บกฎบังคับความถูกต้องโดยรวม ในการเรียกใช้โปรแกรมนั้น ผู้ดูแลระบบจะป้อนกฎบังคับความถูกต้องในรูปของประโยคคำสั่ง ที่มีไวยากรณ์ดังนี้คือ

command := EXIT ; | statement
statement := CREATE CONSTRAINT <constraint_name> ON
ATTRIBUTE <attribute_name> WHERE predicate ; |
DELETE CONSTRAINT <constraint_name> ;
predicate := comparison | predicate conjunction comparison
comparison := <attribute_name> comp <constraint>
conjunction := AND | OR
comp := = | ^= | < | > | <= | >=

จากไวยากรณ์ที่กล่าวมาข้างต้น constraint name ที่ผู้ดูแลระบบฐานข้อมูลท้องถิ่นใช้นั้น จะถูกกำหนดจากผู้ดูแลระบบฐานข้อมูลโดยรวม เพื่อไม่ให้มีการกำหนด constraint name ซ้ำกันในแต่ละสถานที่ และแอททริบิวหนึ่งๆนั้นสามารถมีกฎบังคับความถูกต้องได้มากกว่าหนึ่งกฎ อย่างไรก็ตาม แอททริบิวอาจจะไม่มีการกำหนดกฎบังคับความถูกต้องก็ได้

2.3 ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

ส่วนติดต่อผู้ใช้งานนี้ เป็นโปรแกรมที่ถูกเรียกใช้จากผู้ใช้งาน เพื่อเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการ ดังที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 2.1.2 แล้วนั้น ประกอบไปด้วยส่วนทำงาน 3 ส่วน คือ ส่วนติดต่อผู้ใช้ (user interface) ส่วนแยกคำและตรวจสอบไวยากรณ์ (lexical and syntax check) และส่วนสร้างคำถามรูปแบบต้นไม้เชิงพีชคณิตสัมพันธ์ (relational algebra tree generator) โดยส่วนติดต่อผู้ใช้จะรับคำถามเป็นภาษาพีชคณิตสัมพันธ์ในรูปประโยคข้อความ เพื่อส่งให้กับส่วนแยกคำและตรวจสอบไวยากรณ์ ส่วนแยกคำและตรวจสอบไวยากรณ์จะรับคำถามในรูปประโยคข้อความ แล้วทำการแยกคำ จากนั้นจะทำการตรวจสอบประโยคคำถามว่าถูกต้องตามหลักไวยากรณ์ภาษาพีชคณิตสัมพันธ์หรือไม่ หากคำถามไม่เป็นไปตามหลักไวยากรณ์ภาษาพีชคณิตสัมพันธ์ ส่วนแยกคำและตรวจสอบไวยากรณ์ก็จะส่งข้อความแสดงข้อผิดพลาดไปยังส่วนติดต่อผู้ใช้เพื่อแสดงผล และส่วนติดต่อผู้ใช้ก็จะกลับมาทำงานเพื่อรับคำถามใหม่ต่อไป



รูปที่ 6 แสดงโครงสร้างส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

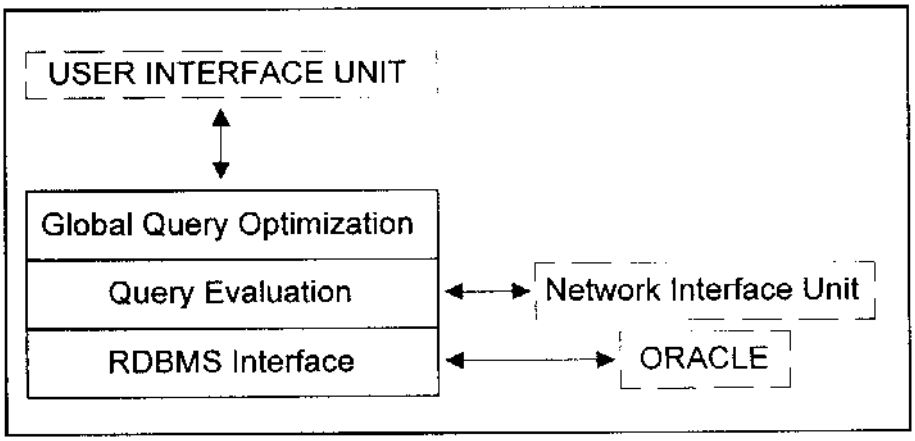
ในกรณีที่ประโยคคำถามถูกต้องตามหลักไวยากรณ์พีชคณิตสัมพันธ์ ส่วนแยกคำและตรวจสอบไวยากรณ์ก็จะส่งกลุ่มคำที่ได้แยกไว้ต่อไปยังส่วนสร้างคำถามรูปแบบต้นไม้เชิงพีชคณิตสัมพันธ์ เพื่อทำการสร้างคำถามรูปแบบต้นไม้เชิงพีชคณิตสัมพันธ์ จากนั้นส่วนสร้างคำถามรูปแบบต้นไม้เชิงพีชคณิตสัมพันธ์ จะส่งคำถามรูปแบบต้นไม้เชิงพีชคณิตสัมพันธ์ไปยังส่วนประมวลผลคำถามแบบกระจายต่อไป

หลังจากที่ส่วนประมวลผลคำถามแบบกระจายทำการประมวลผลเสร็จ ส่วนติดต่อผู้ใช้ก็จะนำข้อมูลไปแสดงผลต่อไป และพร้อมที่จะรับคำถามใหม่ต่อไป ซึ่งโครงสร้างของส่วนติดต่อผู้ใช้งานเป็นไปดังแสดงไว้ในรูปที่ 6

2.4 ส่วนประมวลผลคำถามแบบกระจาย

ส่วนประมวลผลคำถามแบบกระจาย ประกอบไปด้วยส่วนทำงาน 3 ส่วนด้วยกัน คือ ส่วนปรับปรุงและตรวจสอบคำถาม (Global Query Optimization) ส่วนประมวลผลคำถาม (Query Evaluation) และส่วนติดต่อระบบจัดการฐานข้อมูล (RDBMS Interface) ดังแสดงโครงสร้างไว้ในรูปที่ 7

ในส่วนปรับปรุงและตรวจสอบคำถาม จะทำหน้าที่ในการปรับปรุงและตรวจสอบคำถาม เพื่อให้การประมวลผลคำถามเป็นไปในเวลาน้อยลง และมีการรับ-ส่งข้อมูลน้อยลงด้วย ซึ่งขั้นตอนการทำงานเป็นดังนี้ คือ เมื่อส่วนประมวลผลได้รับคำถามก็จะทำการตรวจสอบคำถามว่าการอ้างถึงความสัมพันธ์และแอททริบิวนั้น เป็นความสัมพันธ์และแอททริบิวที่มีอยู่ในระบบฐานข้อมูลหรือไม่ จากนั้นจะทำการตรวจสอบว่าคำถามที่ได้รับมีความขัดแย้งกับกฎทั่งตำเหงความถูกต้องหรือไม่ สำหรับขั้นตอนทั้งสองที่กล่าวมานี้ หากคำถามไม่ผ่านขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งย่อมแสดงว่าถ้ามีการประมวลผลคำถามต่อไปจะหาผลลัพธ์ไม่ได้ หรือผลลัพธ์เป็นศูนย์ทัปเปิล (tuple) นั่นเอง จากนั้นถ้าคำถามผ่านขั้นตอนทั้งสองได้ ก็จะทำการปรับปรุงคำถามด้วยหลักการที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 เพื่อให้คำถามมีขั้นตอนการประมวลผลน้อยที่สุด คำถามที่ผ่านการปรับปรุงแล้วจะถูกส่งต่อไปยังส่วนประมวลผลคำถามต่อไป



รูปที่ 7 แสดงโครงสร้างส่วนประมวลผลคำถามแบบกระจาย

ส่วนประมวลผลคำถามเมื่อได้รับคำถามในรูปแบบต้นไม้เชิงพีชคณิตสัมพันธ์ จากส่วนปรับปรุงและตรวจสอบคำถาม ก็จะทำการประมวลผลเพื่อให้ได้ข้อมูลที่

ต้องการ โดยผ่านส่วนติดต่อระบบจัดการฐานข้อมูล ในการประมวลผลคำถามนี้หากมีตัวปฏิบัติการพีชคณิตสัมพันธ์ใด กระทำการปฏิบัติการกับความสัมพันธ์ที่อยู่ในสถานที่อื่น ส่วนประมวลผลคำถามนี้จะทำการวิเคราะห์ว่า การประมวลผลจะกระทำต่อที่สถานที่ใดจึงจะมีการรับ-ส่งข้อมูลน้อยลงได้ ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์จะขึ้นอยู่กับตัวปฏิบัติการด้วย ว่าเป็นตัวปฏิบัติการชนิดใด จากนั้นจึงจะติดต่อกับระบบจัดการฐานข้อมูลที่เก็บความสัมพันธ์ที่ต้องการใช้ในการปฏิบัติการ โดยการติดต่อผ่านส่วนเชื่อมต่อโครงข่าย ถ้าผลการวิเคราะห์สรุปว่าต้องทำการประมวลผลต่อที่สถานที่เดิม ส่วนประมวลผลคำถามก็จะส่งคำถามไปยังสถานที่ที่เก็บความสัมพันธ์นั้น และรับข้อมูลเพื่อทำการประมวลผลต่อไปจนเสร็จ ผลที่ได้จะส่งกลับไปยังส่วนติดต่อผู้ใช้งานเพื่อแสดงผลต่อไป

แต่หากผลการวิเคราะห์สรุปว่า ควรประมวลผลต่อในสถานที่อื่นที่เก็บความสัมพันธ์ไว้ ส่วนประมวลผลคำถามก็จะส่งข้อมูล พร้อมทั้งรายละเอียด (information) ไปทำการประมวลผลต่อยังสถานที่ที่เก็บความสัมพันธ์ที่ต้องการใช้ในการประมวลผล จากนั้นจะรับข้อมูลผลลัพธ์ ไปทำการประมวลผลต่อจนได้ผลลัพธ์สุดท้าย แล้วส่งกลับให้กับส่วนที่ติดต่อมา

สำหรับส่วนติดต่อระบบจัดการฐานข้อมูล จะทำการแปลงคำถามในรูปแบบต้นไม้รูปเชิงพีชคณิตสัมพันธ์ ให้เป็นคำถามในรูปแบบที่ระบบจัดการฐานข้อมูลเข้าใจได้ ซึ่งในที่นี้ใช้ระบบจัดการฐานข้อมูลออราเคิล ดังนั้นส่วนติดต่อระบบจัดการฐานข้อมูลจึงแปลงคำถามในรูปแบบต้นไม้เชิงพีชคณิตสัมพันธ์ให้เป็นคำถามในรูปแบบภาษาสอบถามเชิงโครงสร้าง (SQL) จากนั้นจะรอจนได้รับข้อมูลคำตอบ และส่งข้อมูลนั้นให้กับส่วนประมวลผลคำถาม

2.5 ส่วนเชื่อมต่อโครงข่าย

ส่วนเชื่อมต่อโครงข่ายจะทำหน้าที่รับ-ส่งข้อมูล ระหว่างส่วนประมวลผลคำถามแบบกระจาย หรือส่วนจัดการกระบวนการเริ่มต้น ไปยังส่วนเชื่อมต่อโครงข่ายในคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นๆ โดยกระบวนการเชื่อมต่อโครงข่ายจะติดต่อกับกระบวนการอื่น ด้วยวิธีการเชื่อมต่อที่เรียกว่า "ซอคเกต" (socket interface) ซึ่งการเชื่อมต่อแบบนี้สามารถใช้กับโปรโตคอลได้หลายชนิด[18] เช่น โดเมนยูนิกซ์ (Unix domain) โดเมนอินเทอร์เนท (Internet domain หรือ TCP/IP) และโปรโตคอลอื่นๆอีกหลายชนิด การเชื่อมต่อแบบซอคเกตนี้ สามารถที่จะติดต่อได้จากกระบวนการที่อยู่ภายในคอมพิวเตอร์เครื่องเดียวกัน หรือจากกระบวนการที่อยู่ในคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นๆได้ ทั้งนี้จะต้องเลือกใช้โปรโตคอลให้เหมาะสมด้วย

สำหรับการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างกระบวนการที่อยู่ภายในคอมพิวเตอร์เครื่องเดียวกัน จะใช้การเชื่อมต่อแบบซอคเกตด้วยโปรโตคอลโดเมนยูนิกซ์ ส่วนการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างกระบวนการที่อยู่บนคอมพิวเตอร์ต่างเครื่องกัน จะใช้การเชื่อมต่อแบบซอคเกตด้วยโปรโตคอล TCP/IP

2.6 ฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ที่ใช้

สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ DDQS1 มีหลายอย่างด้วยกัน ได้แก่

เครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมระบบปฏิบัติการยูนิกซ์ [2],[10],[11]

ซอฟท์แวร์ NSP [13]

ระบบจัดการฐานข้อมูล ORACLE [3],[14],[15]

ตัวแปลภาษาขั้นต้น Pro*C [14]

ซึ่งเครื่องมือทั้ง 4 ชนิดที่ได้กล่าวมานี้ มีลักษณะการใช้ต่างกันคือ

เครื่องคอมพิวเตอร์เป็นฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น และยังเป็นที่ประมวลผลของเครื่องมือต่างๆด้วย ในการพัฒนาโปรแกรมครั้งนี้ได้พัฒนาบนเครื่องมินิคอมพิวเตอร์ Targon M30 และ Targon M5 ส่วนระบบปฏิบัติการยูนิกซ์ ที่ใช้เป็นของบริษัท AT&T รุ่น System V

ซอฟท์แวร์ NSP (Networking Software Package) เป็นซอฟท์แวร์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ให้สามารถสื่อสารกันได้เป็นโครงข่าย โดยการสื่อสารนี้จะใช้โปรโตคอล TCP/IP

ระบบจัดการฐานข้อมูล ORACLE version 5.1 จะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลต่างๆ ทั้งข้อมูลของระบบฐานข้อมูล และข้อมูลของโปรแกรมด้วย ซึ่งระบบจัดการฐานข้อมูลนี้ จะเป็นระบบจัดการฐานข้อมูลแบบสัมพันธ์

ตัวแปลภาษาขั้นต้น (Precompiler) Pro*C เป็นซอฟท์แวร์ที่ใช้ในการแปลตัวโปรแกรมที่เขียนด้วยภาษา C และมีการฝังคำสั่งภาษาสอบถามเชิงโครงสร้าง (SQL) ทั้งนี้เนื่องจากเขียนโปรแกรมติดต่อกับระบบจัดการฐานข้อมูล ORACLE จะใช้ภาษาสอบถามเชิงโครงสร้าง แต่ตัวแปลภาษา (compiler) จะแปลภาษา C เป็นภาษาเครื่องเท่านั้น ดังนั้นจึงต้องใช้ตัวแปลภาษาขั้นต้นทำการแปลโปรแกรมที่เขียนด้วยภาษา C ฝังด้วยคำสั่งภาษาสอบถามเชิงโครงสร้าง ให้เป็นโปรแกรมภาษา C ล้วนๆ ด้วยซอฟท์แวร์ Pro*C

3. สรุป

จากที่ได้กล่าวมาทั้งหมดจะเห็นว่า ระบบ DDQ/1 นั้นประกอบส่วนสำคัญ 4 ส่วนด้วยกัน คือ ส่วนจัดการกระบวนการเริ่มต้น ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน ส่วนประมวลผลคำถามแบบกระจาย และส่วนเชื่อมต่อโครงข่าย ซึ่งการใช้งานในแต่ละส่วนจะมีลำดับขั้นตอนที่แตกต่างกันไป กล่าวคือ ในขั้นตอนการติดตั้งระบบจะต้องเรียกใช้ส่วนเชื่อมต่อโครงข่าย เพื่อให้ส่วนจัดการกระบวนการเริ่มต้น สามารถที่จะติดต่อกับส่วนเชื่อมต่อโครงข่ายของคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นๆได้

ระบบนี้ได้สาธิตความเป็นไปได้ในการเชื่อมต่อระบบฐานข้อมูลอิสระที่ไม่มีส่วนการจัดการฐานข้อมูลแบบกระจาย ให้สามารถเรียกใช้ข้อมูลถึงกันได้ โดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องทราบเลยว่าข้อมูลอยู่บนระบบใดในโครงข่าย

เอกสารอ้างอิง

[1] C. J. Date, *A Guide to Ingres*, Addison-Wesley publishing company, 1987.

[2] Ulka Rodgers, *Unix database management system*, Prentice-Hall, 1990.
[3] ORACLE, Company. *SQL*NET TCP/IP USER 'S GUIDE*, Oracle corporation, 1987.
[4] Sitansu S. Mittra, *Principles of Relational Database System*, Prectice-Hall, 1991 :69-94,116-129.
[5] Stefano Ceri and Giuseppe Pelagatti, *Distribute database principles & systemps*, McGraw-Hill, 1984 :1-172.
[6] U. S. Chakravarthy, D. H. Fishman and J. Minker, *Semantic Query Optimization in Expert Systems and Database Systems*, Expert Database Systems, The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. ,1986 :659-674.
[7] Larry Kerschberg ,Peter D. Ting and S. Bing YAo, *Query Optimization in Star Computer*, ACM Transactions on Database Systems, Vlo. 7, No. 4, December 1982 :678-711.
[8] S. Bing Yao, *Optimization of Query Evaluation Algorithms*, ACM Transactions on Database Systems, Vlo. 4, No. 2, June 1979 :133-155.
[9] Stefano Ceri and Giuseppe Pelagatti, *Allocation of Operations in Distributed Database Access*, IEEE Transactions on Computers, Vol. c-31, No. 2, February 1982 :119-129.
[10] W. Richard Stevens, *Unix Network Programming*, Prentice-Hall International Editions, Prentice-Hall , Inc., A Division of Simon & Schuster, Englewood cliffs, NJ, 1991 :1-420.
[11] AT&T, *Unix System V Programmer' s reference manual AT&T*, Prentice-Hall , Inc., A Division of Simon & Schuster, Englewood cliffs, NJ ,1987.
[12] G. M. Nijssen and T. A. Halpin, *Conceptual Schema and Relational Database Design*, Prentice-Hall of Australia Pty Ltd, 1989 :1-303.
[13] *Networking Software Package*, Nixdorf Computer AG ,W-Germany ,1990 :1-1 - 5-6.
[14] ORACLE, Company. *PRO*C USER'S GUIDE*, Oracle corporation, 1987 :1-258.
[15] ORACLE, Company. *SQL*Plus REFERENCE GUIDE*, Oracle corporation, 1987 :1-1 - 2-111.