บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ถ้ากล่าวถึงคอมพิวเตอร์ที่เป็นระบบการคำนวณแบบขนานโดยเฉพาะ ซึ่งมีราคาแพงมากๆ จึงไม่เป็นที่นิยมนักสำหรับนักวิจัยด้านการคำนวณในสถาบันการศึกษา ดังนั้นหลายหน่วยงานจึงหันมาสนใจระบบพีซีคลัสเตอร์ (PC Cluster) ระบบกริดคอมพิวเตอร์ (Grid Computer) และระบบปฏิบัติการ Rocks Clusters ซึ่งเป็นระบบที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในการสร้างระบบระบบการคำนวณแบบขนานสำหรับงานด้านการคำนวณ

2.1 ระบบการประมวลผลแบบพีซีคลัสเตอร์ (PC Cluster)

แนวความคิดของระบบคลัสเตอร์เกิดขึ้นในปี ค.ศ. 1960 โดยบริษัท IBM ที่ต้องการจะเชื่อมต่อระบบเมนเฟรม (Mainframe) ขนาดใหญ่เข้าด้วยกันเพื่อใช้ในเชิงธุรกิจการค้า แต่ในขณะระบบคลัสเตอร์ยังไม่เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลาย เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านราคาและความแพร่หลายของฮาร์ดแวร์ (Hardware) นอกจากยังปัญหาเกี่ยวกับเครื่องมือ (Tools) และมาตรฐานสำหรับการเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ในระบบเข้าด้วยกัน จนในช่วงกลางปี 1980 เป็นช่วงที่เทคโนโลยีระบบคลัสเตอร์สามารถเกิดขึ้นได้ เนื่องเทคโนโลยีทางด้านฮาร์ดแวร์ได้ถูกพัฒนาอย่างมากจนจากสามารถสร้างไมโครโพรเซสเซอร์ที่มีประสิทธิภาพได้แต่ราคาถูกลง จึงเกิดระบบเครือข่ายความเร็วสูงขึ้น ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์ในระบบเครือข่ายสามารถสื่อสารกันได้ภายในเวลาอันรวดเร็ว นอกจากความต้องการที่อยากจะได้ผลลัพธ์ในเวลาความเร็วในการประมวลผลงานทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งมีมากขึ้นอย่างต่อเนื่องก็มีส่วนผลักดันให้เกิดเทคโนโลยีพีซีคลัสเตอร์ขึ้น ระบบคลัสเตอร์ได้เกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรมในปี 1994 เมื่อ Thomas Sterling และ Don Becker จาก CESDIS (The Center of Excellence in Space Data and Information Sciences) ต้องการที่จะวิเคราะห์ข้อมูลจากอวกาศที่มีจำนวนมาก และซับซ้อนซึ่งต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่สามารถประมวลผลได้เร็วมากๆ และในขณะมีเพียงเครื่องซุปเปอร์คอมพิวเตอร์ซึ่งมีราคาแพงแต่เนื่องจากงบประมาณที่มีอยู่จำกัดทำให้ Sterling และ Becker มีแนวความคิดที่จะใช้ระบบคลัสเตอร์มาทำการประมวลผล โดยได้สร้างระบบคลัสเตอร์จากเครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งใช้ชิพ Intel DX4 เป็นหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) และส่วนประกอบอื่นๆซึ่งสามารถหาได้ง่ายจากท้องตลาดและได้ตั้งชื่อระบบคลัส

เตอร์นี้ว่า Beowulf (Sterling and Becker, 1994) ระบบพีซีคลัสเตอร์มักจะเป็นระบบที่แต่ละหน่วยประมวลผลหรือโหนดการคำนวณ (Computing node) อยู่ใกล้กันหรืออยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกัน แล้วทำการเชื่อมต่อระหว่างโหนดต่อโหนด หรือแต่ละหน่วยประมวลผลผ่านทางเครือข่าย เช่น Gigabit Ethernet, Myrinet, InfiniBand, Quadrics หรือเครือข่ายรูปแบบอื่น ๆ ซึ่งต้องเป็นเทคโนโลยีเครือข่ายที่มีความเร็วสูงและค่า Latency Time ต่ำ เพื่อให้การติดต่อสื่อสารระหว่างกันสามารถเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว และสูญเสียเวลาในเครือข่ายน้อยที่สุดเสมือน ว่าทุกหน่วยประมวลผลอยู่ใกล้กันมากเสมือนอยู่บนแผงวงจรรวม Mother Board เดียวกัน ทำให้การส่งผ่านข้อความเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลต่าง ๆ ระหว่างคำนวณเป็นไปอย่างรวดเร็ว

2.2 ส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์แบบคลัสเตอร์

อาจกล่าวได้โดยง่ายว่าระบบคลัสเตอร์คือ กลุ่มของคอมพิวเตอร์ที่มีการเชื่อมต่อผ่านเครือข่ายความเร็วสูงและสามารถคำนวณงานที่ถูกแบ่งออกเป็นงานย่อย ๆ แล้วร่วมกันได้ ซึ่งรูปแบบของเครือข่ายและการเชื่อมต่อนี้มีด้วยกันหลายวิธีและหลายชนิดเครือข่าย ส่วนการที่จะทำให้กลุ่มของคอมพิวเตอร์สามารถทำงานร่วมกันได้จะต้องมีซอฟแวร์เป็นตัวกลางในการเชื่อมการทำงานของ แต่ละหน่วยประมวลผลเข้าด้วยกัน ซึ่งมาตรฐานที่นิยมใช้คือ ระบบการส่งผ่านข้อความหรือ Message Passing Interface (MPI) ส่วนประกอบโดยรวมทั้งหมดของระบบคอมพิวเตอร์แบบคลัสเตอร์

โดยสามารถที่จะแบ่งการทำงานออกได้ทั้งหมดสามส่วนด้วยกันคือ

1. โครงสร้างพื้นฐานของระบบคลัสเตอร์ ซึ่งจะประกอบไปด้วยส่วนประกอบทางฮาร์ดแวร์ การเชื่อมต่อเครือข่าย ระบบปฏิบัติการ และคลัสเตอร์มิดเดิลแวร์

2. เครื่องมือและโปรแกรมอัตถะประโยชน์ ประกอบด้วย โปรแกรมสื่อสารระหว่างโหนดโดยการส่งข้อความ คอมไพเลอร์ และชุดคำสั่งทางคณิตศาสตร์

3. การจัดการระบบคลัสเตอร์ ประกอบด้วยตัวจัดการคิวงาน การจัดการสิทธิของผู้ใช้งานในระบบ ระบบตรวจสอบและจัดการคลัสเตอร์

2.3 การจำแนกคอมพิวเตอร์แบบคลัสเตอร์

ในการจำแนกประเภทของระบบคลัสเตอร์ออกตามเกณฑ์ต่างๆ แบ่งได้ดังนี้

2.3.1 จำแนกตามงานที่ประยุกต์ใช้

- ระบบคลัสเตอร์แบบประสิทธิภาพสูง (HPC: High Performance Clusters) มักจะถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการคำนวณทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ระบบคลัสเตอร์แบบนี้จะถูกสร้างขึ้นมาให้มีความรวดเร็วในการคำนวณมากที่สุด ประสิทธิภาพของหน่วยประมวลผลจะต้องสูงเพียงพอ อีกทั้งเครือข่ายที่ใช้ในการเชื่อมต่อต้องมีคุณภาพดีมาก ประสิทธิภาพในการคำนวณจึงจะสูงตามไปด้วย
- ระบบคลัสเตอร์แบบเสถียรภาพสูง (HAC: High Availability Clusters) ระบบคลัสเตอร์แบบนี้จะเน้นไปทางด้านเครื่องแม่ข่ายที่ให้บริการงานต่าง ๆ เช่น การให้บริการเป็นเว็บเซอร์ฟเวอร์ (Web Server) การให้บริการพื้นที่เก็บข้อมูลบนเครือข่าย (Storage Server) การให้บริการฐานข้อมูล ไม่ว่าจะเป็น Oracle 10g หรือ MySQL Cluster เพื่อจะทำให้มั่นใจได้ว่า ผู้ใช้งานทั่ว ๆ ไปจะสามารถเข้าถึงทรัพยากรต่าง ๆ ได้ตลอดเวลา การให้บริการไม่ได้ขึ้นอยู่เครื่องเซอร์ฟเวอร์เครื่องใดเครื่องหนึ่งเพียงเครื่องเดียว การสร้างระบบคลัสเตอร์แต่ละแบบเน้นจะมีข้อแตกต่างกัน วิธีการต่างกันและซอฟต์แวร์ที่ใช้มีลักษณะแตกต่างกัน เพราะระบบหนึ่งต้องการความรวดเร็วในการคำนวณเพียงอย่างเดียว ส่วนอีกระบบหนึ่งต้องการความเชื่อถือในการเข้าถึงบริการได้ตลอดเวลา

2.3.2 จำแนกตามลักษณะของเครื่องในระบบ

ระบบคลัสเตอร์เกิดจากการเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์หลาย ๆ เครื่องเข้าด้วยกัน โดยเครื่องคอมพิวเตอร์เหล่านี้อาจจะมีลักษณะเหมือนกันทั้งหมดหรือไม่เหมือนกันเลยก็ได้ ซึ่งถ้าหากจำแนกระบบคลัสเตอร์ตามลักษณะของฮาร์ดแวร์ในระบบแล้ว สามารถที่จะจำแนกออกได้สองประเภท คือ

- ระบบคลัสเตอร์แบบเนื้อเดียว (Homogeneous Cluster) ระบบคลัสเตอร์แบบนี้เป็นระบบที่มีองค์ประกอบทางด้านฮาร์ดแวร์และซอร์ฟแวร์ที่ใช้ในแต่ละเครื่องเหมือนกันทั้งหมดได้แก่ หน่วยประมวลผลกลาง ชนิดและขนาดของหน่วยความจำ ชนิดและขนาดของฮาร์ดดิสก์ และชนิดของระบบปฏิบัติการ เป็นต้น โดยระบบคลัสเตอร์นี้เป็นแบบที่นิยมสร้าง เนื่องจากการบริหารจัดการระบบสามารถทำได้อย่างสะดวก นอกจากการเขียนโปรแกรมเพื่อทำการประมวลผลบนระบบคลัสเตอร์สามารถเขียนในครั้งเดียวแล้วทำงานได้กับทุก ๆ เครื่องในระบบ
- ระบบคลัสเตอร์แบบเนื้อผสม (Heterogeneous Cluster) ระบบคลัสเตอร์แบบนี้เป็นระบบที่มีความยืดหยุ่นสูงโดยสามารถสร้างจากเครื่องแบบใดก็ได้ที่สนับสนุนการประมวลผลแบบขนานแต่ปัญหาของระบบนี้คือการสร้างโปรแกรมสำหรับประมวลผลแบบขนานจะมีความยุ่งยากและซับซ้อนมากขึ้นเนื่องจากต้องทำการสร้างโปรแกรมที่สามารถประมวลผลเฉพาะของแต่ละเครื่องแต่ละระบบปฏิบัติการ เช่น เครื่องที่ใช้ระบบปฏิบัติการลีนุกส์ (Linux) และระบบที่ใช้ไมโครซอฟส์วินโดว์ (Microsoft Windows) เป็นระบบปฏิบัติการ โปรแกรมที่สร้างขึ้นมาอาจไม่สามารถใช้ด้วยกันได้ วิธีแก้ปัญหาอย่างหนึ่งคือสร้างโปรแกรมให้สนับสนุนมาตรฐานเช่น ANSIC เป็นต้น หรืออาจสร้างโปรแกรมที่สามารถประมวลผลได้บนทุกระบบโดยที่ใช้รหัสต้นฉบับ (Source Code) ตัวเดียวกัน เช่น ภาษาจาวา (Java)สิ่งหนึ่งที่ต้องให้ความสำคัญมากเช่นกันในระบบคลัสเตอร์แบบเนื้อผสมนี้ คือ การสมดุลงานในระบบ หรือ Load balancing เพราะเนื่องจากว่าคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่ออยู่กับระบบแบบนี้สามารถที่จะมีองค์ประกอบภายในแตกต่างกันได้ ทำให้คอมพิวเตอร์แต่ละโหนดมีความสามารถและประสิทธิภาพในการคำนวณผลได้รวดเร็วแตกต่างกัน เมื่อทำงานร่วมกัน จะต้องการการกระจายงานที่เหมาะสม เพื่อให้เครื่องที่มีประสิทธิภาพมากกว่ามีโอกาสได้รับงานไปคำนวณมากกว่า ระบบทั้งหมดไม่ต้องรอค่าผลลัพธ์จากเครื่องที่มีความเร็วต่ำ ถ้าหากทำการสมดุล

งานได้ดีแล้ว ประสิทธิภาพของระบบก็จะดีตามไปด้วย แต่ถ้าหากไม่คำนึงถึงเรื่องนี้แล้ว ประสิทธิภาพโดยรวมจะต่ำตามไปด้วย

2.3.3 รูปแบบการเชื่อมต่อกับเครือข่ายภายนอก

สำหรับรูปแบบวิธีการเชื่อมต่อเครือข่าย (Network Topology) ของระบบคลัสเตอร์มีหลายรูปแบบที่ถูกนำเสนอไว้ ไม่ว่าจะเป็นการเชื่อมต่อแบบวงแหวน การเชื่อมต่อแบบ Cube และ HyperCube ซึ่งรูปแบบการเชื่อมต่อเหล่านี้ต้องมีสายสัญญาณเชื่อมต่อระหว่างโหนดค่อนข้างมาก ทำให้ต้องมีการลงทุนทางด้านเครือข่ายค่อนข้างสูง ดังรูปแบบของเครือข่ายแบบนี้จะไม่เหมาะกับการนำไปใช้งานในระบบจริง ดังในงานวิจัยนี้จึงนำเสนอเพียงแค่สองรูปแบบที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติและไม่ต้องลงทุนเกี่ยวกับเครือข่าย มากนัก ดังนี้

• การเชื่อมต่อโดยผ่าน Front-end

การเชื่อมต่อคลัสเตอร์ด้วยวิธีนี้จะเป็นดังภาพ โดยจะมีคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งที่ทำหน้าที่เป็นทางเข้า-ทางออกหรือเกตเวย์ (Gateway) ให้แก่ระบบทั้งหมด เมื่อผู้ใช้ติดต่อเข้ามาในระบบจะต้องทำการติดต่อกับเครื่องที่เป็น Front-end นี้ ส่วนเครื่องอื่น ๆ จะทำงานอยู่เบื้องหลังเท่า ทำให้วิธีนี้มีประโยชน์ในเรื่องของการรักษาความปลอดภัยของระบบ เพราะมีเพียงเครื่องเดียวเท่าที่เชื่อมต่อกับภายนอก เมื่อต้องการรักษาความปลอดภัยก็สนใจเพียงเครื่องที่เป็นทางเข้าของระบบ แต่การเชื่อมต่อวิธีนี้ก็รับประกันไม่ได้เสมอไปนักว่าจะไม่ถูกบุกรุกจากภายนอก

การเชื่อมต่อแบบนี้มีข้อดีในส่วนของการดูแลเรื่องความปลอดภัย แต่จะไม่ค่อยเหมาะนักกับงานที่เป็นด้านการให้บริการหรือคลัสเตอร์ที่ต้องการความคงทนสูง (High Availability Cluster) อย่างเช่นเครื่องแม่ข่ายให้บริการเว็บ หรืออีเมล์

• การเชื่อมต่อแบบทุกเครื่องเชื่อมกับภายนอก

การเชื่อมต่อเครือข่ายแบบนี้ ทุกเครื่องจะทำการเชื่อมต่อกับเครือข่ายภายนอก ทำให้เครื่องจากภายนอกสามารถเข้าถึงทรัพยากรของแต่ละเครื่องได้โดยตรง โดยจะมีประโยชน์ในกรณีที่เครื่อง คลัสเตอร์

เหล่านี้ทำหน้าที่ให้บริการงานต่าง ๆ เช่นเครื่องแม่ข่ายของงานเว็บไซต์ การเชื่อมต่อแบบนี้มักจะนำเอาไฟร์วอล (Firewall) มาวางไว้ด้านหน้าของระบบอีกชั้น เพื่อเป็นการป้องกันการบุกรุกจากภายนอกได้ในระดับหนึ่ง เนื่องจากระบบนี้มักจะถูกใช้เป็นเครื่องแม่ข่ายที่ให้บริการอันเดียวกัน ดังจึงต้องมีที่เก็บข้อมูลรวมศูนย์ไว้ที่เดียวโดยอาจจะเป็น Storage ตามมาตรฐานทั่วไป

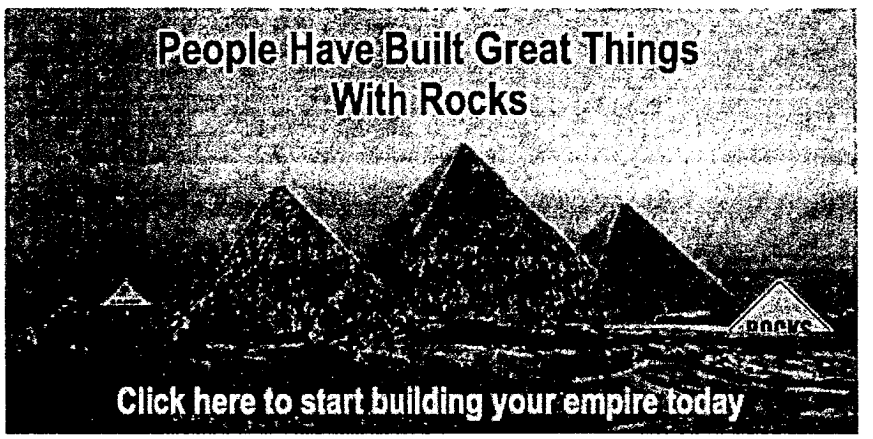
2.4 ระบบกริดคอมพิวเตอร์

เนื่องจากมีความต้องการคอมพิวเตอร์ความเร็วสูงเพื่อใช้ในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่มีความยุ่งยากซับซ้อนมาก ๆ ตัวอย่างเช่น การคำนวณทางไฟไนต์อีลิเมนต์ (Finite Element) การจำลองเชิงตัวเลขของๆไหล การวิเคราะห์โครงสร้างรหัสพันธุกรรมของไวรัส การสังเคราะห์โปรตีน ซึ่งเป็นงานที่จำเป็นต้องใช้ประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์ในการคำนวณสูงมาก แต่ลักษณะงานเหล่านี้ไม่ต้องการความเร็วในการสื่อสารระหว่างหน่วยประมวลผลมากนัก หน่วยประมวลผลสามารถสื่อสารระหว่างกันด้วยความเร็วไม่สูงมาก การแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างหน่วยประมวลผลมีเพียงเล็กน้อยเท่า ซึ่งจากความต้องการและเงื่อนไขเหล่านี้ทำให้มีความพยายามในการพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ขึ้น โดยเป็นการรวมเอาระบบคลัสเตอร์ หลาย ๆ คลัสเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน ทำให้สามารถทำการคำนวณร่วมกันได้กริดคอมพิวเตอร์เป็นระบบคอมพิวเตอร์แบบกระจายที่มีขนาดใหญ่มาก และมีความเร็วในการคำนวณสูงมากเช่นกัน ทำให้การคำนวณปัญหาขนาดใหญ่สามารถเสร็จได้ในเวลาอันรวดเร็ว ตัวอย่างของกริดคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ในประเทศไทยคือ โครงการไทยกริดแห่งชาติ ซึ่งต่อมาได้จัดตั้งเป็นศูนย์ไทยกริดแห่งชาติขึ้นมา (ThaiGrid: http://www.thaigrid.or.th) ภายใต้ความร่วมมือของโครงการไทยกริด จะเป็นการรวมเอาระบบคลัสเตอร์จากมหาวิทยาลัย และหน่วยงานจากหลาย ๆ ที่ทั่วประเทศ ให้มาทำงานร่วมกัน ทำการแบ่งปันทรัพยากรสำหรับการประมวลผล แบ่งปันทรัพยากรทางซอฟแวร์ ทำให้ความสามารถในการประมวลผลของระบบนี้มีความเร็วสูงขึ้น การจัดการทรัพยากรต่างๆ ในระบบกริดคอมพิวเตอร์จะต้องมีซอฟแวร์ (Software) ที่เรียกว่า Grid Middleware เป็นตัวกลางในการจัดการและเชื่อมการทำงานเข้าด้วยกัน ซอฟท์แวร์ที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน ตัวอย่างเช่น Globus Toolkit (http://www.globus.org) เป็นต้น

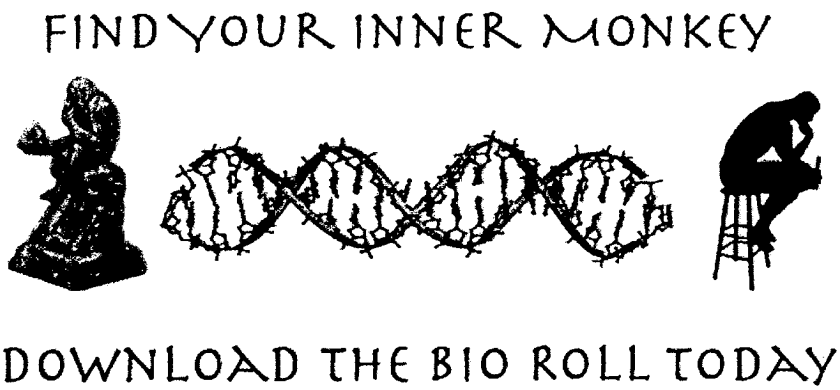
การเชื่อมต่อในระบบกริดคอมพิวเตอร์จะทำการเชื่อมคลัสเตอร์แต่ละที่เข้าด้วยกันโดยใช้เครือข่ายที่มีอยู่แล้วในปัจจุบัน นั่นคือเครือข่ายอินเทอร์เน็ตนั่นเอง ทำให้แต่ละไซต์ (Site) สามารถอยู่กระจายในที่ต่าง ๆ ได้ทั่วโลก ขอเพียงแค่เชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ต ก็จะสามารถทำงานร่วมกันในระบบของกริดได้แล้ว

2.5 ระบบ Rocks Clusters

Rocks Clusters (http://www.rocksclusters.org/) เป็นอีกหนึ่ง Distribution ของระบบปฏิบัติการ Linux ที่พัฒนาโดย University of California-San Diego โดยมีเป้าหมายเพื่อให้การติดตั้ง และการดูแลระบบคลัสเตอร์สามารถทำได้ง่ายมากที่สุด รวมทั้งการปรับปรุง หรือ การติดตั้ง Software เพิ่มเติมก็สามารถทำได้ง่ายอีกด้วย Rocks ถูกพัฒนาต่อมาจาก CentOS ซึ่ง CentOS เองก็เป็นการนำเอา source code ของ Redhat Enterprise Edition มาทำการ Recompile โดยกลุ่มนักพัฒนา ทำให้การใช้งานต่าง ๆ ของ Rocks ใกล้เคียงกับ Redhat อยู่พอสมควร และมีการเพิ่มเครื่องมือต่าง ๆ เข้าไปใน Rocks อีกเป็นจำนวนมาก จนทำให้ Rocks กลายเป็น Linux Distributions ที่เหมาะกับการทำงานเป็น Cluster เป็นอย่างยิ่ง อีกอย่างที่ทำให้ Rocks ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก คือ การจัดแบ่งชุดของ Software ออกเป็น package ที่เรียกว่า Roll ทำให้การติดตั้ง Software ต่าง ๆ เพิ่มเติมสามารถทำได้ง่ายมากยิ่งขึ้น จริง ๆ แล้ว Role เองก็ไม่ใช่สิ่งใหม่ แต่เป็นการรวมเอาซอฟแวร์ในกลุ่มเดียวกันและเกี่ยวข้องกัน (Dependency Software) มาเก็บเป็นชุดเดียวกัน ทำให้เวลาติดตั้ง Software ไม่ต้องไป download เพิ่มเติมจากแหล่งอื่น ทำให้การทำงานง่ายขึ้นมาก ตัวอย่าง Roll ที่มีการใช้งานบ่อย ๆ เช่น BIO Roll ซึ่งมีซอฟต์แวร์ที่ใช้ในงานทางด้าน Bioinformatics และ APBS (Adaptive Poisson-Boltzmann Solver) ที่เป็นชุดซอฟแวร์ทางด้าน Particle Physic เป็นต้น ทำให้เราอาจเรียก Rocks ในอีกชื่อหนึ่งว่า Rocks & Rolls นั่นเอง ตัวอย่างโปรแกรมต่าง ๆ ดังรูปที่ 2.1 เป็นการแสดงป้ายโฆษณาของ Rocks Cluster เพื่อเป็นตัวอย่างของป้ายโฆษณาของ Rocks Cluster และในรูปที่ 2.2 แสดงป้ายโฆษณาของ Bio Roll



รูปที่ 2.1 ป้ายโฆษณาของ Rocks Cluster



รูปที่ 2.2 ป้ายโฆษณาของ Bio Roll