

ควอนตัมคอมพิวเตอร์

พันธ์ศักดิ์ ศรีทรัพย์.

“
วงการวิศวกรรมสารกึ่ง-
ตัวนำ (semiconductor) ทั่ว-
โลกกำลังแตกตื่นกันมากกับ-
ความสำเร็จที่จะเกิดขึ้นในเวลา-
อีกไม่นานนัก หากบรรดานัก-
วิจัยสามารถเพิ่มความเร็วใน-
การทำงานให้มากขึ้นในขณะ-
เดียวกันพยายามลดขนาดของ
ชิป (chip) ลงได้ตามที่หลาย-
ฝ่าย รวมทั้งภาคอุตสาหกรรม-
คาดหวังไว้”

ปัจจุบันงานวิจัยและพัฒนาหลายๆ
ขั้นตอน ได้คืบหน้าไปมากแล้ว อันเป็นผลจาก-
ความร่วมมือกันอย่างขมุกขมนของสถาน-
ศึกษาทั้งองค์กรเอกชนชั้นนำ ที่พยายามหาวิธี-
การที่เหมาะสมในการรวมเอาคุณสมบัติหรือ-
ความสามารถของ “ตัวเก็บประจุ” (capaci-
tor) กับ “ทรานซิสเตอร์” (transistor) เข้า-
ไว้ในอุปกรณ์ตัวเดียวกัน และพัฒนาให้เป็นอีก-
ทางเลือกหนึ่งของวงจรรวมอินทิเกรตที่ต้อง-
อาศัยการเชื่อมต่อกันทางสายดั่งที่ใช้กันทั่วไป-
ในขณะนี้

ทว่าก่อนที่จะลงไปรายละเอียด
ที่มากกว่านี้ ขอทบทวนเรื่องของตัวเก็บประจุ-
และทรานซิสเตอร์เล็กน้อยเพื่อให้มีความเข้าใจ-
ตรงกันก่อน

ตัวเก็บประจุเป็นอุปกรณ์หลักทาง-
ด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ นอกเหนือจาก-
อุปกรณ์ที่เรียกว่า “ตัวต้านทาน” (resistor)
และ “ตัวเหนี่ยวนำ” (inductor) โดยที่ตัวเก็บ-
ประจุประกอบด้วยเพลต (plate) 2 แผ่น-
ประกบกันและคั่นด้วยไดอิเล็กทริก
(dielectric) มีหน้าที่หลักในการเก็บสะสม-
ประจุไฟฟ้า ส่วนทรานซิสเตอร์ประกอบด้วย-

แผ่นสารกึ่งตัวนำ 3-4 แผ่นวางซ้อนกัน มี 3
ส่วนที่ต่อออกมาใช้งานเรียกว่า เบส (base)
คอลเล็กเตอร์ (collector) และ อิมิตเตอร์
(emitter) และภายหลังพัฒนาเป็น-
ทรานซิสเตอร์ชนิดต่างๆ ที่มีความสมรรถนะ-
มากขึ้นดั่งที่จะกล่าวอ้างถึงในบทความต่อไป-
นั้นเรียกว่า มอสเฟต (MOSFET) มีส่วนที่-
เรียกว่า ซอส (source) เกท (gate) และ เทรน
(drain) สำหรับต่อไปใช้งาน

เมื่อทราบข้อมูลและรายละเอียด
พอสังเขปแล้วจะขอเอาต่อไปถึงความ-
พยายามดังกล่าว ซึ่งหากเป็นผลสำเร็จแล้ว
เทคโนโลยีอย่างแรกที่จะเกิดขึ้นตามมาจาก-
การพัฒนาดังกล่าวข้างต้นคือ ประดิษฐ์กรรม-
ที่เรียกว่า “ควอนตัม คอมพิวเตอร์” Quan-
tum Computer) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่จะใช้
ไอออน (ions) ในลักษณะที่มี 2 สภาวะทาง-
ด้านตรรกหรือลอจิก (logic) กล่าวคือมีสภา-
วะเป็น “0” และ “1” ได้พร้อมๆ กัน

ทั้งนี้ก็เป็นไปตามกฎของ ควอนตัม
แมคคาณิก ที่ว่า entity เดียว เช่น อะตอม
(atom) สามารถคงสภาวะต่างๆ ได้หลายๆ
สภาวะในเวลาเดียวกัน จนกระทั่งถึงช่วงเวลา-

เป็นไมโครวินาทีที่มีการอ่านข้อมูลเข้ามาจริงๆ

ในราวต้นปี 2541 เรื่องราวของการพัฒนา ควอนตัม คอมพิวเตอร์ ให้เป็นจริงเกือบจะเลื่อนลงไปจากความพยายามของบรรดานักวิจัยส่วนใหญ่แล้วนั้น ได้กลับมามีชีวิตชีวาขึ้นอีกครั้งหนึ่ง เมื่อนักวิจัยของสถาบันมาตรฐานและเทคโนโลยีแห่งชาติ (NIST) ประเทศสหรัฐอเมริกา ร่วมกับทีมนักวิจัยอิสระ ออกมาประกาศถึงความคืบหน้าของผลการวิจัยที่ชี้ให้เห็นว่า ขณะนี้ความเป็นจริงใกล้ที่จะปรากฏขึ้นแล้ว เมื่อทีมนักวิจัยสามารถสร้าง ควอนตัม คอมพิวเตอร์ ต้นแบบที่ใช้ ไอออนทำงานใน 2 สภาวะได้แล้ว (ทั้งนี้ data-bearing ion หมายถึง qubit) นั่นคือการที่เครื่องมีความสามารถในการคิดคำนวณมากขึ้นตามลักษณะของการเพิ่มตามรูปทรงเรขาคณิต เนื่องจากหากเป็นเพียงไอออนเดี่ยวก็จะแสดงได้ 2 สภาวะพร้อมๆ กัน แต่หากเพิ่มขึ้นเป็น 2 ไอออนแล้วจะได้ถึง 4 สภาวะ หรือ 3 ไอออนจะได้ 6 สภาวะ และเรื่อยๆ ไป นั่นคือค่า qubit จะเพิ่มขึ้นในลักษณะเอกซ์โพเนนเชียล (exponential) เมื่อมีการเพิ่ม qubit เข้ากับระบบการคิดคำนวณของเครื่องคอมพิวเตอร์

จากรายงานชื่อ โซแอนนซ์ (Science) ซึ่งเป็นสิ่งพิมพ์เป็นทางการของสมาคมเพื่อการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา ระบุว่า ควอนตัม คอมพิวเตอร์ ที่มีขนาดเพียง 40 qubits เท่านั้นจะมีสมรรถนะเทียบได้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ที่ใช้งานกันอยู่ทุกวันนี้ โดยที่คอมพิวเตอร์ดังกล่าวสามารถทำงานด้วยความเร็วเป็นล้านๆ หรือพันๆ ล้านเท่าของคอมพิวเตอร์ที่เรียกว่าระดับสุดยอดที่เราพบเห็นในปัจจุบันนี้ ซึ่งจะมีประโยชน์อย่างมากสำหรับผู้ใช้อุปกรณ์ที่ต้องการให้มีการเข้ารหัสและถอดรหัสการทำงาน (encryption/decryption operations) ตลอดเวลา

อย่างไรก็ดี ใ้ว่าการทำงานจะไม่มี



อุปสรรคแต่อย่างใด เพราะปัญหาที่เกิดขึ้นกับควอนตัม คอมพิวเตอร์ คือความยุ่งยากในการพัฒนาวิธีการเชื่อมโยงข้อมูลจาก qubit ที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถที่จะทำให้เกิดการเชื่อมโยงข้อมูลกันได้นั้น ถือเป็นพื้นฐานของการสร้าง ควอนตัม คอมพิวเตอร์ที่สมบูรณ์เลยทีเดียว

ทีมนักวิจัยของ NIST ใช้ความถี่วิทยุ (RF - Radio Frequency) และลำแสงเลเซอร์เข้ามาเกี่ยวข้องกับงานครั้งนี้ อย่างไรก็ดีถึงแม้ว่าความถี่วิทยุอาจทำให้เกิดการย้ายไอออนที่ถูกกระตุ้นแล้วได้บ้างพอสมควร แต่เมื่อมีการเพิ่มความถี่ที่สูงขึ้นแล้วจะทำให้เกิดลักษณะของ decoherence ขึ้นซึ่งเป็นการลดผลของเลเซอร์ลงได้

ในขณะที่เราใช้ผลของความถี่วิทยุในการเชื่อมโยงคู่อิเล็กตรอนอยู่นั้น อาจทำให้เกิดการรบกวนต่อการควบคุมทิศทางของไอออนได้ โดยเลเซอร์สามารถรองรับการเชื่อมโยงของกลุ่มไอออนได้ หากเราสามารถควบคุมเป้าหมายหรือทิศทางได้เที่ยงตรง ซึ่งขณะนี้ NIST กำลังพยายามหาวิธีการลดหรือกำจัดอิทธิพลของความถี่วิทยุที่จะมีผลกระทบต่อไอออนและใช้เลเซอร์ที่มีการกำหนดทิศทางได้

แม่นยำแทน
วิศวกรที่มหาวิทยาลัยแคมบริดจ์และบริษัทฮิตาชิ (www.hitachi.co.jp) ได้เปลี่ยนจากการใช้ตัวเก็บประจุที่เป็น DRAM (dynamic random access memory) หลายๆ ตัวไปเป็นการใช้ทรานซิสเตอร์แบบใหม่ตัวเดียวเพื่อทำหน้าที่แทนตัวเก็บประจุได้สำเร็จแล้ว ซึ่งนวัตกรรมใหม่ครั้งสำคัญที่เกิดขึ้นคือการใช้ทรานซิสเตอร์ในการเก็บประจุไฟฟ้า ด้วยการนำแผ่นซิลิคอน (silicon pad) 4 แผ่นวางซ้อนทับกัน โดยแผ่นที่อยู่ด้านบนและล่างเติมด้วยสารฟอสฟอรัสเพื่อทำหน้าที่เป็นซอร์ส (source) และเดรน (drain) ส่วนแผ่นซิลิคอน 2 แผ่นตรงกลางซึ่งประกบกันอยู่ชั้นแยกจากกันทางไฟฟ้าด้วยการใส่ซิลิคอน ไนไตรด์ (silicon nitride) คั่นไว้ (เป็นการป้องกันมิให้มีการรั่วไหลของอิเล็กตรอน) เพื่อทำหน้าที่เป็นช่องอิเล็กตรอน (electron channel) จากนั้นจึงนำแผ่นสารที่วางซ้อนทับกันนี้ไปปิดไว้เหนือ โมสเฟต (MOSFET - metal oxide semiconductor field effect transistor) ซึ่งจะสามารถตรวจจับประจุที่อยู่ใ้ในแผ่นล่างสุดของชั้นสารที่วางซ้อนกันอยู่ได้
เมื่อมีแรงดันอ่อนเข้าที่เกต จะมีการ

บันทึกข้อมูลต่างๆ เข้ามา เป็นการเพิ่มประจุบวกของช่องกลาง (central channel) ทำให้เกิดการดึงอิเล็กตรอนจากซอสไปยังเดรน แต่เมื่อมีประจุอ่อนเข้าที่เกทน้อยลง จะเป็นการอ่านข้อมูล ทั้งนี้แรงดันจะไม่มีผล หากเดรนอยู่ในสภาวะเป็น “0” แต่จะกระตุ้นให้อิเล็กตรอนไหลจากซอสของมอสเฟต หากเดรนอยู่ในสภาวะมีการประจุคือเป็น “1”

จากความสำเร็จในการผลิตอุปกรณ์ได้นี้ทำให้สามารถลดขนาดของชิปลงได้ ทำให้ชิปหน่วยความจำ (memory chip) มีขนาดเล็กเคียงกับ ชิพ ลอจิก (logic chip) และยังทำให้ชิปทั้งสองมีความสามารถที่จะใช้ในการสื่อสารได้มากขึ้นอีกด้วย โดยชิพใหม่สามารถทำงานได้เร็วพอๆ กับ DRAM แต่ไม่มีการสูญเสียประจุหากไม่มีการไขมอสเฟต ข้อดีตรงนี้คือทำให้ชิปสามารถเก็บรักษาข้อมูลที่บันทึกไว้ได้นานเท่านั้น ซึ่งตรงกันข้ามกับ DRAM ที่จะมีการสูญเสียข้อมูลไปในทันทีที่ปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ นอกจากนั้นแล้วชิพตัวใหม่นี้ยังช่วยให้สามารถทำการบูท (boot up) เครื่องคอมพิวเตอร์ได้เกือบทันที รวมทั้งยังประหยัดเวลาที่เครื่องจะต้องค้นหาข้อมูลต่างๆ ในฮาร์ดดิสก์อีกด้วย

หากทุกอย่างเป็นไปตามที่คาดหวัง

ไว้นชิพรุ่นแรกซึ่งเป็นการร่วมมือกันระหว่างมหาวิทยาลัยแคมบริดจ์กับบริษัทฮิตาชิจะมีขนาดเพียงครึ่งหนึ่งของ DRAM ที่มีการใช้งานอยู่ และเมื่อมีความพร้อมด้านเทคโนโลยีในระดับที่ต้องการแล้ว ชิพรุ่นใหม่จะเป็นเสมือน Moor-buster อันแรกในเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (พีซี) ที่เดียว และฮิตาชิเองก็มีแผนใช้ชิพใหม่นี้ในเครื่องรุ่นใหม่ที่จะวางจำหน่ายใน 2-3 ปีข้างหน้าด้วย

อีกทางหนึ่งของความพยายามที่จะลดขนาดของชิปลงเกิดจากการพัฒนาซึ่งเป็นการร่วมมือกันระหว่างมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียกับบริษัท ฮิวเล็ท แพคการ์ด (www.hp.com) โดยบรรดานักวิจัยกำลังพัฒนาชิพ ลอจิก ตัวหนึ่งที่ทำหน้าที่ได้เช่นเดียวกับทรานซิสเตอร์ แต่ทำให้เกท (gate) มีขนาดเล็กมาก ด้วยวิธีการนี้ทำให้สามารถเพิ่มจำนวนเกท ลงบนชิพได้มากขึ้นนับพันเท่า (จากที่เคยมีเกทอยู่ล้านๆ ตัวให้มีจำนวนเพิ่มขึ้นเป็นพันๆ ล้านตัวทีเดียว)

ความสำเร็จที่จะเกิดขึ้นได้นี้มาจากปัจจัยหลัก 2 อย่าง กล่าวคืออย่างแรกเป็นการปลูก molecular strings ที่จะประกอบเป็นเกท คล้ายกับการปลูกผลึกเทียม (artificial crystal) และยึดติดกันด้วย synthetic DNA

อย่างไร ก็ตามการกระทำในลักษณะดังกล่าว อาจเกิดปัญหาได้หลากหลาย ซึ่งนักวิจัยของ UCLA และ HP ทราบดีและเชื่อว่าสามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้โดยใช้ Teramac computer simulation ซึ่งใช้เกทประมาณ 1 ล้านตัว โดยมีส่วนที่เสียเพียง 220,000 ตัว ซึ่งคอมพิวเตอร์สามารถเลี่ยงปัญหาดังกล่าวได้ และยังคงทำงานได้ปกติ และอย่างที่สองคือนักวิจัยยังไม่ประสบความสำเร็จในการสร้างชุด ลอจิก เกท ให้ทำงานในลักษณะแทนเต็ม (tandem) ได้หากยังไม่สามารถสร้างไมโครโปรเซสเซอร์ให้ทำงานได้

ทั้งหมดนี้เป็นความพยายามรวมกันระหว่างสถานศึกษาและบริษัทธุรกิจในการวิจัยสิ่งประดิษฐ์ซึ่งจะเป็นนวัตกรรมใหม่ๆ ของมวลมนุษยชาติในอนาคต เจกเซนที่บรรพบุรุษเคยสร้างสมไว้ให้นุชนรุ่นหลังๆ ได้ใช้ประโยชน์กัน.

GEW

