SWU Engineering Journal (2014) 9(1), 48-60 วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม – มิถุนายน พ.ศ.2557

การระบายความร้อนในอุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์

Thermal Cooling in Electronic Devices

ไพศาล นาผล
ห้องปฏิบัติการวิจัยทางด้านเทอร์โม-ของไหล และการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
63 หมู่ที่ 7 ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลองครักษ์ อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก 26120
E-mail address: paisarnn@swu.ac.th

บทคัดย่อ

เนื่องจากโปรเซสเซอร์และกราฟิกการ์ดที่มีสมรรถนะในการทำงานสูงความร้อนที่เกิดขึ้นจากการทำงานของชิ้นส่วนเหล่านี้สูงมากและมีแนวโน้มจะสูงขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้นการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านการหล่อเย็นจึงได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เทคนิคการระบายความร้อนมีการประยุกต์ใช้มีด้วยกันหลายวิธี เช่น การใช้พัดลม เทอร์โมอิเล็คทริคส์ และใช้ระบบหล่อเย็นด้วยของเหลว การใช้ระบบการหล่อเย็นด้วยของเหลวมีประสิทธิภาพในการระบายความร้อนได้ดีกว่าระบบการหล่อเย็นด้วยอากาศและระดับเสียงต่ำกว่า แต่อย่างไรก็ตามระบบการหล่อเย็นด้วยของเหลวก็มีข้อเสียหลายอย่าง เช่น ความซับซ้อนของระบบ ความเชื่อมั่นในการติดตั้งระบบ รวมถึงต้องระมัดระวังในการรั่วซึมของระบบหล่อเย็น ซึ่งจะสร้างความเสียหายให้กับเครื่องมือเหล่านี้ได้

คำสำคัญ: การระบายความร้อน; อุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์; การระบายความร้อนอุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์

ABSTRACT

Due to the high-performance processor and graphics capabilities, the amount of heat generated by the operation of electronic components has increased in recent years. Therefore, cooling technology has continuously developed to prevent damage to electronic components by overheating and to improve operational stability. There are many techniques for cooling electronic devices. Conventional thermal management devices using active devices such as fans, thermoelectric coolers, and liquid pump loop. In general, liquid cooling system is a highly effective method of removing excess heat. As compare to air cooling system, liquid cooling system generates noise in low level. However, disadvantages of liquid cooling include complexity and less reliable installations for a coolant leak which leaked water can damage any electronic components.

Keyword: Thermal cooling; electronic devices; electronic cooling

1. ความร้อนเกิดขึ้นในคอมพิวเตอร์

ความร้อนเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่เกิดขึ้นจากการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์ที่มีสมรรถนะในการทำงานสูง ให้ความร้อนเกิดขึ้นได้สูงกว่าเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีสมรรถนะในการทำงานที่ต่ำกว่า และนอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับสภาวะการทำงานของคอมพิวเตอร์ด้วย จริงๆ แล้วความร้อนที่เกิดขึ้นนี้เป็นเครื่องบ่งชี้ว่ามันยังทำงานได้อย่างปลอดภัยและมีสมรรถนะในการทำงานตามที่ได้ออกแบบ ถือว่าเป็นเรื่องปกติที่เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีสมรรถนะในการทำงานสูงจะมีความรู้สึกว่าอุ่นหรือร้อน ทั้งนี้ก็เนื่องจากว่าหน่วยประมวลผล (Processor) มีสมรรถนะในการทำงานสูงและกราฟิก (Graphics) มีความสามารถในการทำงานสูง

2. ชิ้นส่วนที่ให้กำเนิดความร้อน

ชิ้นส่วนในคอมพิวเตอร์เกือบทั้งหมดต้องใช้พลังงานงานไฟฟ้าป้อนถึงจะทำงานได้ และชิ้นส่วนบางชิ้นต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำงานมากกว่าส่วนอื่นๆ เมื่อพลังงานไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านแผงวงจรรวมถึงสายไฟต่างๆ ในเครื่องคอมพิวเตอร์ จะเกิดความต้านทานทางความร้อนขึ้น แต่อย่างไรก็ตามในชิ้นส่วนบางชนิด เช่น หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) และ หน่วยประมวลผลกราฟิก (GPU) ต้องการพลังงานไฟฟ้าในการทำงานมากกว่าชิ้นส่วนอื่นๆ และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้นี้ก็มีการแปรเปลี่ยนตามฟังก์ชั่นในการประมวลผลหรือการคำนวณในการทำงาน การทำงานของชิ้นส่วนเหล่านี้จะมีความร้อนเกิดขึ้นสูงมากตามฟังก์ชั่นในการทำงาน ชิ้นส่วนที่ให้กำเนิดความร้อนสูงๆ มีดังต่อไปนี้

2.1 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งโดยปกติ ทำหน้าที่ในการประมวลผลต่างๆ ที่ไม่ใช่งานกราฟิก เช่น การคำนวณในการประมวลผลเกี่ยวกับตัวเลขในโปรแกรมสเปรดชีต (Spreadsheet program) หรือการจัดการเกี่ยวกับตัวเลข การทำงานในการคำนวณและการสั่งการในการทำงานต่างๆ

2.2 หน่วยประมวลผลกราฟิก (GPU) ดังแสดงในรูปที่ 2 ทำงานเกี่ยวกับการทำงานเกี่ยวกับกราฟิกเป็นส่วนมาก (เครื่องคอมพิวเตอร์บางรุ่นก็ไม่มี GPU) โดยเฉพาะงานกราฟิก 3 มิติ พบมากในการทำงานภาคอุตสาหกรรมต่างๆ ที่ต้องใช้โปรแกรมในการออกแบบงานกราฟิก รวมถึงโปรแกรมทางด้านวีดีโอเกมส์ ซึ่งต้องการ GPU ในการทำงานคำนวณและการสั่งการมากกว่าการใช้งาน CPU ในงานทางด้านกราฟิกบ่อยครั้งเราใช้ GPU ทำงานคำนวณและการสั่งการในการทำงานด้วยความถี่สูง ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับชนิดของโปรแกรมที่ใช้ในการทำงาน การทำงานของ GPU ทำให้ความร้อนเกิดขึ้นสูงกว่าการใช้ CPU

2.3 ชุดระบายความร้อน (Heat sink) ชุดระบายความร้อนเป็นชุดที่ทำจากวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนสูงในการระบายความร้อน สำหรับหน่วยประมวลผลที่ทำงานเร็วๆ รวมถึงหน่วยประมวลผลแบบ Multi-core processor ยิ่งต้องการชุดระบายความร้อนที่มีขนาดใหญ่กว่าปกติเพื่อที่จะสามารถระบายความร้อนเพื่อที่จะควบคุมอุณหภูมิในการทำงานให้อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ เมื่อความร้อนถูกดูดซับโดยชุดระบายความร้อนแล้ว ความร้อนนี้ก็จะถูกระบายออกจากชุดระบายความร้อนด้วยพัดลม ซึ่งจะถูกติดตั้งให้อยู่ติดกับชุดครีบระบายความร้อน

2.4 ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (HDD) โดยปกติตัวฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ประกอบด้วยแผ่นดิสก์ขนาดเล็กที่หมุนรอบแกนติดตั้งอยู่ภายใน โดยจะเป็นตัวบันทึกข้อมูลต่างๆ ทั้งการเขียนและอ่านข้อมูล เมื่อไม่มีการสั่งการให้ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ทำงาน ตัวฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จะอยู่ในสภาวะนิ่งซึ่งไม่ต้องการพลังงานไฟฟ้า เมื่อมีการสั่งการให้ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ทำงานในการบันทึกหรืออ่านข้อมูลเป็นจำนวนมาก ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จะต้องการพลังงานไฟฟ้าในการทำงานสูงและปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นก็สูงตามไปด้วย

2.5 ดิสก์ไดรฟ์ออปติคอล (ODD) มีหน้าที่ในการเล่นแผ่น CD หรือ DVD คล้ายๆ กับ HDD ตัวดิสก์ไดรฟ์ออปติคอลทำหน้าที่หมุนแผ่นข้อมูลเพื่ออ่านข้อมูลจากแผ่นหรือบันทึกข้อมูลลงแผ่น แตกต่างจากจาก HDD ตรงที่ตัวดิสก์ไดรฟ์ออปติคอล ใช้เลเซอร์ในการอ่านและหรือบันทึกข้อมูล ในขณะที่ HDD จะใช้แม่เหล็กในการอ่านหรือบันทึกข้อมูล การหมุนและการ

ใช้เลเซอร์ต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงในการทำงาน และความร้อนที่เกิดขึ้นก็สูงด้วยเช่นกัน

รูปที่ 1 ชุดครีบระบายความร้อนและพัดลมติดตั้งบนไมโครโปรเซสเซอร์

รูปที่ 2 ชุดครีบระบายความร้อนพร้อมพัดลม 3 ชุดติดตั้งบนกราฟิกการ์ด

3. ระบายความร้อนออกจากคอมพิวเตอร์

สำหรับคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ (Desktop computer) ความร้อนที่เกิดขึ้นจากชิ้นส่วนต่างๆ จะสะสมรวมกันภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องคอมพิวเตอร์มีปริมาตรภายในมาก ความร้อนสามารถระบายออกได้ด้วยการติดตั้งพัดลมระบายความร้อนออกทางด้านข้างหรือทางด้านหลังของคอมพิวเตอร์ แต่อย่างไรก็ตามสำหรับคอมพิวเตอร์แบบพกพา (Notebook) การระบายความร้อนออกจากระบบก็ทำได้ค่อนข้างลำบาก ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพาได้มีการออกแบบระบบระบายความร้อนแบบพิเศษเพื่อให้เครื่องทำงานได้อย่างปลอดภัยและสามารถใช้งานได้ที่สภาวะแวดล้อมทั่วไปได้ สำหรับอุณหภูมิที่ผิวของคอมพิวเตอร์แบบพกพานี้ได้มีการออกแบบด้วยการอ้างอิงกับมาตรฐานนานาชาติ (International standard for safety of information technology equipment) มีแนวทางในการระบายความร้อนออกได้ดังนี้

3.1 วัสดุ (Materials) ที่ใช้สำหรับทำเฟรมของคอมพิวเตอร์มีบทบาทสำคัญต่อการระบายความร้อน สำหรับคอมพิวเตอร์ที่สมรรถนะในการทำงานต่ำ ความร้อนที่เกิดขึ้นต่ำ ดังนั้นสามารถที่เลือกใช้โครงสร้างที่ทำจากวัสดุที่สามารถให้ความร้อนถ่ายเทผ่านที่ต่ำได้ เช่น พลาสติก อย่างไรก็ตามสำหรับคอมพิวเตอร์ที่มีสมรรถนะในการทำงานสูงๆ ควรใช้วัสดุทำเฟรมที่สามารถให้ความร้อนถ่ายเทผ่านได้ดี เช่น โลหะ ซึ่งวัสดุเหล่านี้จะช่วยในการระบายความร้อนด้วยการนำความร้อนผ่านวัสดุโครงสร้าง จะเป็นการช่วยในการระบายความร้อน

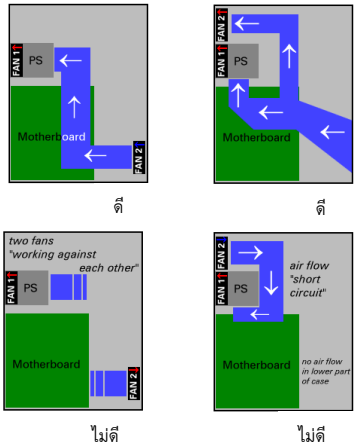
3.2 การออกแบบ (Design) ขนาดและรูปร่างของเฟรมของคอมพิวเตอร์ ไม่รวมถึงวัสดุที่ใช้ มีผลต่อทิศทางของการระบายความร้อน ในคอมพิวเตอร์แบบพกพามีพื้นที่ภายในต่ำ พัดลมที่ใช้ในการดูดความร้อนให้ไหลผ่านชิ้นส่วนที่ให้กำเนิดความร้อนภายในคอมพิวเตอร์ จะต้องออกแบบระบบให้มีช่องการไหลของอากาศที่จะไหล ในปัจจุบันนี้เครื่องคอมพิวเตอร์ถูกออกแบบให้มีขนาดเล็กลงและบางมากขึ้น ดังนั้นการออกแบบยิ่งต้องมีความสำคัญมากขึ้น เพื่อที่จะให้มีการระบายความร้อนออกจากคอมพิวเตอร์ได้อย่างเพียงพอ คอมพิวเตอร์ที่มีสมรรถนะในการทำงานสูงก็ต้องการพื้นที่ในการระบายความร้อนออกจากระบบสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีสมรรถนะในการทำงานต่ำกว่า ดังนั้นเป็นการยากที่จะให้เครื่องทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่ออกแบบมา ทั้งนี้ก็เนื่องจากว่าเครื่องคอมพิวเตอร์ต้องการพื้นที่ในการติดตั้งชุดครีบและพัดลมระบายความร้อนหรือชิ้นส่วนอื่นๆ เพิ่มมากขึ้น

3.3 พัดลม (Fan) ทำหน้าที่ในการดูดอากาศเย็นจากภายนอกเครื่องคอมพิวเตอร์ให้ไหลผ่านชิ้นส่วนที่ให้กำเนิดความร้อนภายในเครื่อง เมื่อความร้อนที่กำเนิดมากขึ้น ความเร็วในการรอบในการทำงานของดลมก็ต้องสูงขึ้นตามไปด้วย เพื่อให้ระบายความร้อนออกจากระบบได้อย่างเพียงพอ

3.4 ช่องการระบาย (Vents) ช่องการไหลเข้าและการไหลออกของอากาศที่ใช้ในการระบายความร้อน การออกแบบช่องการไหลเข้าและออกขึ้นอยู่กับ การ

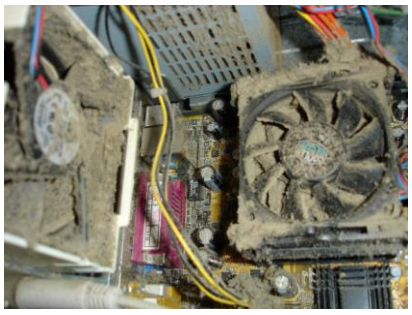
ออกแบบ ซึ่งทิศทางการไหลภายในเคสจะต้องไหลอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ช่องทางเข้าจนถึงช่องทางออก

การระบายความร้อนออกจากคอมพิวตอร์ (Computer cooling) มีจุดประสงค์เพื่อต้องการระบายความร้อนที่เกิดขึ้นจากชิ้นส่วนต่างๆ ทิ้งไปเพื่อที่จะรักษาอุณหภูมิในการทำงานให้อยู่ในช่วงที่ออกแบบไว้ ชิ้นส่วนต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้นนั้นมีความอ่อนไหวต่อการเสียหายได้เมื่ออุณหภูมิสูงผิดปกติ โดยทั่วๆ ไป ชิ้นส่วนเหล่านี้ได้รับการออกแบบมาให้กำเนิดความร้อนต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ และระบบคอมพิวเตอร์ก็ออกแบบมาให้ประหยัดพลังงานสูงสุด โดยให้ความร้อนออกมาต่ำสุดเท่าที่จะทำได้ แต่อย่างไรก็ตามความร้อนเหล่านี้ก็ยังเกิดขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ และเกิดขึ้นด้วยอัตราที่มากกว่าความสามารถในการระบายความร้อนออกจากระบบ การใช้ชุดครีบระบายความร้อนด้วยการใช้อากาศระบายความร้อนออกจากระบบนั้นก็เพื่อลดอุณหภูมิเนื่องจากความร้อนที่เพิ่มขึ้น การใช้เทคนิคต่างๆ ในการออกแบบให้มีรูปแบบการไหลของอากาศต่างๆ กันนั้นก็เพื่อลดการเกิดความร้อนกระจุกตัว และเทคนิคการใช้พัดลมในการระบายความร้อนนั้นก็เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย อย่างไรก็ตามการระบายความร้อนด้วยการใช้พัดลมนั้นก็มีข้อเสียหลายอย่าง เช่น ระดับเสียงที่เกิดขึ้นเนื่องจากพัดลม และข้อจำกัดในเรื่องของความสามารถในการระบายความร้อนของอากาศ ซึ่งมีปัญหาอย่างมากเมื่อสภาพอากาศร้อนขึ้นเรื่อยๆ ทำให้ความสามารถในการพาความร้อนออกจากระบบลดลง ทำให้เกิดความร้อนกระจุกตัว ในการระบายความร้อนที่เกิดขึ้นด้วยอากาศในปัจจุบันจึงได้พัฒนาให้มีการระบายความร้อนออกจากชิ้นส่วนต่างๆ ด้วยการติดตั้งพัดลมระบายความร้อนที่ชิ้นส่วนเหล่านั้นโดยตรง แต่อย่างไรก็ตามก็มีเทคนิคหลายอย่างในการระบายความร้อนออกจากระบบ เช่น การใช้ของเหลวในการระบายความร้อน



รูปที่ 3 แสดงทิศทางการไหลของอากาศภายในเคส

แผงวงจรรวมของคอมพิเตอร์ เป็นแหล่งกำเนิดความร้อนที่สำคัญในคอมพิวเตอร์สมัยใหม่ อย่างไรก็ตามความร้อนที่เกิดขึ้นสามารถระบายออกจากระบบด้วยการออกแบบและเลือกใช้พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องต่างๆ เช่น ความถี่และแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับแผงวงจรรวม แต่อย่างไรก็ตามวิธีเหล่านี้ก็มีข้อจำกัดในเรื่องของสมรรถนะของคอมพิวเตอร์ในขณะใช้งาน ซึ่งมีแนวโน้วตรงกันข้ามกับปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้น และนอกจากนั้นยังมีปัญหาเรื่องฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นเมื่อใช้ไปนานๆ จะมีฝุ่นผงละอองเกาะที่ชิ้นส่วนคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ฝุ่นละอองเกาะที่ชิ้นส่วนของคอมพิวเตอร์

ในขณะที่คอมพิวเตอร์ทำงาน อุณหภูมิภายในคอมพิวเตอร์รวมถึงชิ้นส่วนต่างๆ จะสูงขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งอัตราความร้อนที่เกิดขึ้นเท่ากับอัตราการระบายความร้อนออกสู่บรรยากาศรอบๆ เรียกว่า สภาวะสมดุลทางความร้อน ที่สภาวะการทำงานที่เชื่อถือได้ (Reliable operation) อย่างไรก็ตามอุณหภูมิ

สูงสุดที่เกิดขึ้นในขณะทำงานจะต้องไม่สูงเกินค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ที่ได้ออกแบบไว้ เป็นค่าเฉพาะตัวของแต่ละชิ้นส่วนต่างๆ ในคอมพิวเตอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในชิ้นส่วนที่เป็นเซมิคอนดักเตอร์ ซึ่งชิ้นส่วนเหล่านี้จะเป็นชิ้นส่วนที่วิกฤติมากกว่าชิ้นส่วนอื่นๆ เทคนิคการระบายความร้อนแบบต่างๆ ก็มีข้อจำกัดในการระบายความร้อน ซึ่งสาเหตุก็เนื่องมาจาก

3.5 ฝุ่น (Dust) คอมพิวเตอร์เมื่อใช้งานไปเรื่อยๆ จะมีฝุ่นละอองที่อยู่ในบรรยากาศมาเกาะที่ชิ้นส่วนต่างๆ ของคอมพิวเตอร์ ดังนั้นการที่มีชั้นของฝุ่นผงมาเกาะที่ชิ้นส่วนเหล่านี้ ดังแสดงในรูปที่ 4 จะทำให้ความสามารถในการระบายความร้อนออกสู่บรรยากาศลดลง เนื่องจากชั้นของฝุ่นผงที่เกาะนี้ก็เปรียบเสมือนชั้นความต้านทานทางความร้อนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้สมรรถนะในการระบายความร้อนของชุดครีบและพัดลมลดลง

3.6 การไหลของอากาศที่ไม่ดี (Poor air flow) รวมถึงระดับการปั่นป่วนของการไหลของอากาศเนื่องจากแรงเสียดทาน แรงเสียดทานนี้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งต่างๆ ของชิ้นส่วนในระบบ และระบบสายไฟเชื่อมต่อ (Ribbon cables) ในระบบ รวมถึง การวางทิศทางในการติดตั้งพัดลมในการระบายความร้อน สาเหตุต่างๆ ที่กล่าวมานี้ส่งผลทำให้ปริมาณอากาศที่ไหลผ่านชิ้นส่วนต่างๆ ในคอมพิวเตอร์ลดลง รวมถึงการไหลวนของอากาศที่เกิดขึ้นภายในระบบ ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับการออกแบบในวางตำแหน่งต่างๆ นอกจากจะพิจารณาการขวางการไหลของอากาศแล้วยังต้องพิจารณาการไหลผ่านชิ้นส่วนที่ไม่ก่อให้เกิดการระบายความร้อนด้วย ดังแสดงในรูปที่ 3

3.7 การถ่ายเทความร้อนที่ไม่ดี (Poor heat transfer) การระบายความร้อนที่ไม่ดีนั้นเกิดจากการที่เกิดความต้านทานทางความร้อน (Thermal contact resistance) ที่รอยต่อต่างๆ ในชิ้นส่วนแต่ละชิ้นส่วน แต่สาเหตุนี้สามารถที่จะแก้ไขให้ลดลงด้วยการใช้สารประสานที่บริเวณรอยต่อของชิ้นส่วนต่างๆ ซึ่งสารประสานนี้มีค่าความสามารถในการให้ความร้อนถ่ายเทผ่านสูงซึ่งเรียกสารเหล่านี้ว่า Thermal compounds

การป้องกันความเสียหาย เซ็นเซอร์ความร้อน (Thermal sensors) ใน CPU หรือ GPU บางรุ่นจะมีเซ็นเซอร์ความร้อนติดตั้งไว้ เพื่อว่าในขณะที่ทำงานถ้ามีความร้อนสะสมเกิดขึ้น จะทำให้อุณหภูมิของชิ้นส่วนเหล่านี้สูงขึ้น และตัวเซ็นเซอร์เหล่านี้จะส่งสัญญาณไปปิดคอมพิวเตอร์ให้หยุดทำงานหรือชิ้นส่วนบางอย่างหยุดทำงาน เพื่อความปลอดภัยของคอมพิวเตอร์ และนอกจากนั้นในแผงวงจรรวม ในกรณีที่ไม่ได้ทำงานเต็มประสิทธิภาพ เช่นที่สภาวะไม่มีโหลด ชิ้นส่วนบางตัวอาจจะไม่มีการทำงานเพื่อลดภาระการทำงานซึ่งจะส่งผลทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นลดลงและประหยัดพลังงานด้วย

ในเมนเฟรมหรือในซูเปอร์คอมพิวเตอร์ ภายในระบบของอุปกรณ์เหล่านี้จะมีความซับซ้อนมาก การระบายความร้อนของชิ้นส่วนที่ใช้งาน (Active component) เป็นเรื่องที่สำคัญ เช่น ใน Vacuum-tube computer รุ่นแรกๆ มีขนาดใหญ่มาก และความร้อนที่เกิดขึ้นนั้นก็สามารถที่จะระบายออกจากคอมพิวเตอร์ได้ด้วยวิธีการระบายความร้อนแบบอิสระหรือแบบบังคับได้ (Free or forced convection method) ด้วยการใช้อากาศเป็นสารหล่อเย็น ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับว่าชิ้นส่วนเหล่านั้น หรือบริเวณนั้นมีการติดตั้งกันอย่างหนาแน่นมากน้อยแค่ไหน ในปี 1965 IBM ได้ผลิตเมนเฟรมคอมพิวเตอร์ขึ้น ซึ่งได้รับการออกแบบและศึกษาถึงการระบายความร้อนด้วยโดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณที่มีการติดตั้งชิ้นส่วนต่างๆ อยู่กันอย่างหนาแน่น มีการใช้อากาศและของเหลวเป็นสารหล่อเย็นในระบบ ซึ่งใช้วิธีต่างๆ เช่น การระบายความร้อนแบบอิสระ แบบบังคับ การใช้วิธีการฉีดอากาศกระทบ (Air impingement) การจุ่มในของเหลว การใช้หลักการเดือด การใช้หลักการการไหลเป็นฟิล์ม การไหลที่มีการเดือดหรือการใช้วิธีการฉีดของเหลวกระทบ (Liquid impingement) วิธีการเหล่านี้ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานรวมถึงหลักการวิเคราะห์ทางด้านคณิตศาสตร์ก็ได้ถูกทำมาใช้ในการทำนายอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในชิ้นส่วนต่างๆ ในระบบการระบายความร้อนแบบต่างๆ กัน [1]

ต่อมา IBM ได้พัฒนาคอมพิวเตอร์สามรุ่นต่อมาด้วยการใช้หลักการของโมดูลการนำความร้อน (Thermal conduction Moduls, TCM) โดยมีการออกแบบระบบการระบายความร้อนด้วยของเหลวเย็นในการระบายความร้อนของแผงวงจรรวม ซึ่งในแต่ละแพคเกจแผงวงจรรวมได้มีการติดตั้งหมุดนำความร้อนสูงที่แผงวงจร แล้วมีการฉีดแก๊สฮีเลี่ยมรอบๆ ชิปและหมุดนำความร้อน การใช้วิธีนี้สามารถที่จะระบายความร้อนออกจากชิปได้ถึง 27 วัตต์ และสามารถระบายความร้อนได้ถึง 2000 วัตต์ต่อโมดูล โดยรักษาอุณหภูมิขณะทำงานไว้ที่ 50ºC นอกจากนั้นวิธีการนี้ยังถูกนำมาใช้ในคอมพิวเตอร์ตระกูล 3081 ในปี 1980 และรุ่น ES/3090 ในปี 1984 และบางรุ่นของ ES/9000 ในปี 1990 ในโปรเซสเซอร์ของ IBM 3081 ก็ได้ใช้เทคนิคนี้ในการระบายความร้อน สามารถระบายความร้อนได้ถึง 2700 วัตต์ต่อแผงวงจรหลัก โดยรักษาอุณหภูมิขณะทำงานไว้ที่ 69ºC [2] และนอกจากนั้นยังถูกนำไปใช้ในการพัฒนาคอมพิวเตอร์อื่นๆ เช่น Mitsubishi และ Fujitsu อีกด้วย

ในปี 1976 ซูเปอร์คอมพิวเตอร์ Cray-1 ได้ออกแบบระบบการระบายความร้อนแบบใหม่ โดยเครื่องคอมพิวเตอร์สูง 77 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลาง 56.5 นิ้ว ใช้ไฟฟ้า 115 กิโลวัตต์ ซึ่งใช้พลังงานน้อยมากโดยแผงวงจรหลักที่ใช้มีความสามารถในการทำงานได้อย่างรวดเร็วด้วยการใช้หลักการของ Emitter-coupled logic แต่อย่างไรก็ตามความรวดเร็วในการทำงานก็ขึ้นอยู่กับพลังงานที่ใช้ ซึ่งได้มีการพัฒนาต่อมาในชื่อ CMOS ใช้ฟรีออน (Freon) เป็นสารทำงานที่อยู่ในท่อหล่อเย็นท่อฝังอยู่ภายใน โมดูลของแผงวงจรหลักของ 1622 ซูเปอร์คอมพิวเตอร์ได้ใช้ท่อทองแดงเป็นแกนหลักที่ยึดติดกับท่อหล่อเย็น (Cooling bar) โดยการออกแบบระบบหล่อเย็นนี้ได้ออกแบบมาเพื่อรักษาอุณหภูมิของเครื่องไม่ให้เกิน 54ºC โดยใช้สารฟรีออนที่มีอุณหภูมิ 21ºC ในกระบวนการการถ่ายเทความร้อนเป็นการถ่ายเทความร้อนจากสารฟรีออนให้กับน้ำในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน [3] ในระบบน้ำหล่อเย็นต้องมีอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ปั๊มน้ำ อุปกรณ์เหล่านี้ได้ถูกติดตั้งที่ผนังด้านนอกรอบๆ ซูเปอร์คอมพิวเตอร์ มีน้ำหนักประมาณ 20% ของน้ำหนักซูเปอร์คอมพิวเตอร์

4. เทคนิคการระบายความร้อนภายในคอมพิวเตอร์

การระบายความร้อนที่เกิดขึ้นจากชิ้นส่วนต่างๆ ในคอมพิวเตอร์นั้นสามารถที่จะระบายความร้อนออกจากระบบด้วยวิธีต่างๆ ดังต่อไปนี้

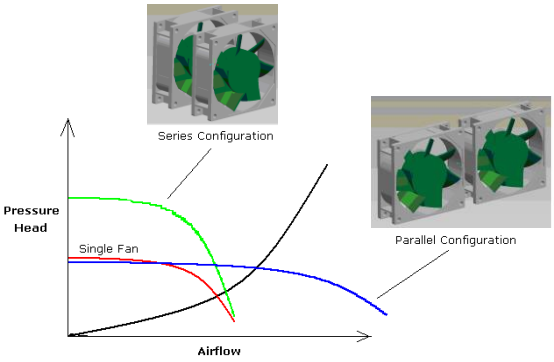
4.1 การระบายความร้อนด้วยอากาศ

4.1.1 การใช้พัดลม

ในระบบการระบายความร้อนด้วยการใช้อากาศ พัดลมเป็นอุปกรณ์ที่มีบทบาทสำคัญเป็นอย่างมากต่อความสามารถในการระบายความร้อน ซึ่งการใช้พัดลมในการระบายความร้อนออกจากระบบเมื่อการระบายความร้อนออกจากระบบด้วยวิธีอิสระไม่เพียงพอ โดยพัดลมถูกติดตั้งที่เฟรมของคอมพิวเตอร์หรือถูกติดตั้งที่ชุดครีบระบายความร้อนที่อยู่ที่ชิ้นส่วนต่างๆ เช่น CPU, GPU, Chipset, PSU, HDD หรือการ์ดต่างๆ ที่เสียบอยู่ที่สล๊อตที่อยู่ภายในคอมพิวเตอร์ โดยพัดลมที่ใช้มีขนาดต่างๆ กัน เช่น 40, 60, 80, 92, 120, 140 mm^2 หรืออาจจะมีขนาด 200, 230 mm^2 ในกรณีที่มีปริมาณความร้อนเกิดขึ้นสูงมาก

ชนิดของพัดและ Chassis impedance curves การไหลของอากาศ เป็นสารหล่อเย็นในการระบายความร้อนออกจากคอมพิวเตอร์มีความต้านทานการไหลเกิดขึ้น เนื่องจากชิ้นส่วนต่างๆ ที่ติดตั้งภายในเช่น ช่องทางอากาศไหลเข้าและไหลออก แผ่นกรองอากาศ และชิ้นส่วนต่างๆ ภายในคอมพิวเตอร์ หรืออื่นๆ โดยพัดลมที่ใช้จะต้องสามารถขับดันอากาศให้สามารถไหลผ่านตัวขัดขวางการไหลต่างๆ เหล่านี้ได้ เป็นตัวสร้างความแตกต่างความดันที่ช่องอากาศไหลเข้าและช่องอากาศไหลออก ความแตกต่างความดันนี้จะสร้างแรงผลักดันอากาศให้ไหลผ่านระบบได้ โดยทั่วๆ ไปพัดลมที่ใช้นั้นมีข้อกำหนดอยู่สองอย่างด้วยกัน คือ การไหลของอากาศอิสระและความแตกต่างความดันสูงสุด ซึ่งการไหลของอากาศอิสระคือปริมาณ

อากาศที่จะไหลผ่านผ่านพัดลมที่ความดันย้อนกลับเท่ากับศูนย์ ในขณะที่ความแตกต่างความดันสูงสุด คือ ความดันที่พัดลมสามารถที่จะสร้างขึ้นเมื่อมีสิ่งขัดขวางการไหลสูงสุด พารามิเตอร์ทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน ดังกราฟในรูปที่ 5 พัดลมแต่ละตัวนั้นจะมีลักษณะของกราฟเฉพาะตัวที่ไม่เหมือนกัน



รูปที่ 5 Chassis impedance curve ของพัดลม

ลักษณะการติดตั้งพัดลม พัดลมสามารถที่จะติดตั้งได้ทั้งแบบอนุกรมและแบบขนานกัน หรือแบบผสมผสานกันได้ ในการติดตั้งแบบขนานกันนั้นพัดลมแต่ละตัวจะติดตั้งอยู่ข้างๆ กัน ในขณะที่การติดตั้งแบบอนุกรมกัน พัดลมแต่ละตัวจะติดตั้งอยู่ในแนวเดียวกัน ซึ่งพัดลมที่ติดตั้งแบบขนานกันนั้นจะให้การไหลอากาศอิสระมีค่าเป็นสองเท่าแต่จะไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของความดันที่ใช้ผลักดันอากาศ ในลักษณะตรงกันข้ามพัดลมที่ติดตั้งแบบอนุกรม จะทำให้แรงผลักดันอากาศ (Static pressure) เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าแต่ปริมาณอากาศไหลอิสระมีค่าเท่าเดิม จากรูปที่ 5 แสดงเส้นลักษณะเส้นโค้ง (Characteristics curves) ของพัดลมหนึ่งตัวและพัดลมสองตัวที่ติดตั้งแบบขนานกัน พบว่าความดันสูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.15 นิ้วน้ำและปริมาณอากาศที่ไหลมีค่าเป็นสองเท่า ซึ่งเท่ากับ 72 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที

การหาอัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านระบบ Chassis impedance curve สามารถวัดได้ด้วยการวัดความดันที่ช่องทางเข้าและวัดอัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านระบบ สามารถที่จะนำค่าที่วัดได้มาสร้างเส้น Chassis impedance curve ได้ ดังแสดงในรูปที่ 5 อัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านระบบจริงๆ นั้นสามารถหาได้จากกราฟ ซึ่งเป็นจุดที่ตัดกันของเส้น Chassis impedance curve กับเส้น Fan curve ความชันของ Chassis impedance curve คือ ฟังก์ชั่นรากที่สอง มีค่าเป็นสองเท่าของอัตราการไหลต้องการและความดันตกคร่อมมีค่าเป็นสี่เท่า

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและอัตราการไหล

$$CFM = \frac{Q}{Cp \cdot r \cdot DT}$$

เมื่อ CFM คือ อัตราการไหลของอากาศ (m^3/s)

Q คือ อัตราการระบายความร้อน (kW)

Cp คือ ค่าความร้อนจำเพาะอากาศ (kJ/kg ^oC)

r คือ ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)

DT คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิ (^oC)

การใช้พัดลมในการระบายความร้อนต้องใช้อากาศเป็นสารหล่อเย็น อุณหภูมิของอากาศเป็นตัวแปรที่สำคัญในการระบายความร้อน ซึ่งมีข้อแนะนำในการใช้งานดังนี้

1. เลือกใช้อากาศที่อุณหภูมิต่ำในการระบายความร้อนโดยตรงกับชิ้นส่วนที่มีอุณหภูมิสูงๆ

2. หลีกเลี่ยงการใช้อากาศที่มีอุณหภูมิสูงในการหล่อเย็น ลักษณะนี้สามารถที่จะหลีกเลี่ยงได้ด้วยการวาง Layout และทิศทางการไหลของอากาศภายในคอมพิวเตอร์ หรือการออกแบบตำแหน่งการติดตั้งพัดลม ว่าจะให้เป็นแบบดูดอากาศออกหรือแบบเป่าลมเข้าไปเพื่อระบายความร้อน

3. อากาศที่ใช้ในการหล่อเย็นชิ้นส่วนที่มีอุณหภูมิสูงๆ ไม่ควรนำมาใช้ในการระบายความร้อนจากชิ้นส่วนอื่นๆ ต่อไป ลักษณะนี้สามารถที่จะหลีกเลี่ยงได้ด้วยการออกแบบระบบการหล่อเย็น หรือทิศทางการไหลของอากาศที่ใช้ในการหล่อเย็นให้เหมาะสม

4. ออกแบบระบบสายเชื่อมต่อชิ้นส่วนต่างๆ ไว้ด้านหลัง Motherboard เพราะว่าสายเชื่อมต่อเหล่านี้จะเป็นตัวขวางการไหลของอากาศหล่อเย็นในระบบ

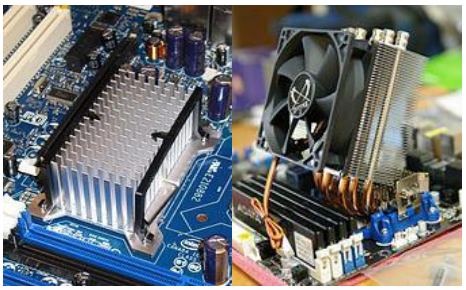
4.1.2 การใช้ Piezoelectric

การระบายความร้อนแบบนี้เรียกว่า “Dual piezo cooling jet” ซึ่งเป็นการใช้เทคนิคการสั่น ซึ่งในช่วงแรกๆ ของอุปกรณ์นี้มีขนาด 3 มิลลิเมตร ประกอบด้วยแผ่นวงกลมทำจากนิกเกิ้ล 2 แผ่น แต่ละด้านของแต่ละแผ่นเชื่อมต่อถึงกันด้วย Silver of piezoelectric ceramics ไฟฟ้ากระแสสลับจะเคลื่อนที่ผ่านชิ้นส่วนเซรามิกส์ทำให้เกิดการอัดและขยายตัวด้วยอัตรา 150 ครั้งต่อวินาที ดังนั้นแผ่นวงกลมนิกเกิ้ลนี้ก็จะได้รับแรงจากการสั่นนี้ด้วยเช่นกัน ซึ่งอากาศที่อยู่บริเวณด้านหน้าแผ่นนิกเกิ้ลนี้ก็จะมีการสั่นด้วยความถี่เดียวกัน อุปกรณ์นี้ไม่มีมอร์เตอร์ ไม่มีตลับลูกปืน ดังนั้นจึงมีความหนาน้อยมาก และสิ้นเปลืองพลังงานมาก

4.2 การระบายความร้อนแบบอื่น ๆ

4.2.1 การใช้ Liquid submersion cooling

วิธีนี้เป็นหลักการพื้นฐานในการระบายความร้อนที่เกิดขึ้นในคอมพิวเตอร์เลย สารหล่อเย็นที่ใช้ต้องเป็นตัวนำความร้อนที่ดีแต่ต้องไม่นำไฟฟ้า อย่างไรก็ตามวิธีนี้ก็ไม่เป็นที่นิยมใช้ในการระบายความร้อนของอุปกรณ์อิเล็คทรอนิกส์หรืออุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก แต่กลับเป็นที่นิยมใช้ในระบบขนาดใหญ่ เช่นในหม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) การระบายความร้อนด้วยวิธีนี้เป็นการระบายความร้อนแบบธรรมชาติคือให้การไหลของของเหลวหรืออากาศไหลโดยไม่จำเป็นต้องใช้ปั้มหรือพัดลม ยกเว้นในระบบคอมพิวเตอร์ที่มีชิ้นส่วนต่างๆ ติดตั้งกันอยู่อย่างหนาแน่น เช่น ใน Cray-2 หรือ Cray T90 ซึ่งต้องใช้ของเหลวเป็นสารหล่อเย็นและต้องมีการไหลของของเหลวด้วยการใช้ปั้มเป็นตัวขับเคลื่อน ของเหลวที่ใช้ต้องมีค่าการนำไฟฟ้าที่ต่ำมากๆ เพื่อป้องกันไฟฟ้าลัดวงจรในขณะที่ทำงาน หรือถ้าใช้สารหล่อเย็นที่มีค่าการนำความร้อนที่ไม่ต่ำพอที่จะป้องกันไฟฟ้าลัดวงจรอาจจะมีการหุ้มฉนวนในชิ้นส่วนบางชนิดที่ไวต่อการรบกวนของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าก็ได้ เช่น CPU ซึ่งสารหล่อเย็นที่มีคุณสมบัติดังกล่าวเรียกว่า Dielectric เช่น 3M Fluorinert ซึ่งเป็นสารหล่อเย็นที่นิยมใช้ในการระบายความร้อนของหม้อแปลงขนาดใหญ่ ส่วนสารหล่อเย็นที่ควรใช้ในอุปกรณ์อิเล็คทรอนิกส์นั้นต้องมีคุณสมบัติที่ไม่ใช่น้ำมัน เช่น Silicone oil อย่างไรก็ตามระบบนี้ก็จะมีปัญหาที่เกิดจากการระเหยของสารหล่อเย็นหรือการรั่วซึมของระบบ



รูปที่ 6 ชุดระบายความร้อนที่มีและไม่มีพัดลม

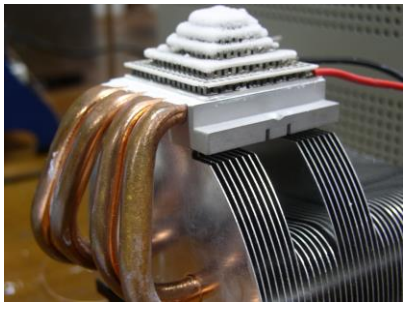
4.2.2 การใช้หลักการ Waste heat reduction

ในระบบอุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์ประกอบด้วยชิ้นส่วนต่างๆ ทำหน้าที่ต่างๆ กันออกไป ถ้าเราสามารถที่จะตัดวงจรไฟฟ้าที่ป้อนให้กับชิ้นส่วนที่ไม่ได้ทำงาน เป็นแนวทางในการลดปริมาณความร้อนที่จะเกิดขึ้น เช่นในปี 2011 เมนบอร์ดของ VIA หรือ EPIA ที่ให้ความร้อนเกิดขึ้นในขณะทำงานเพียง 25 วัตต์ ในขณะที่ Main board ของ Pentium 4 และ CPU ให้ความร้อน 140 วัตต์

4.2.3 การใช้ Heat-sinks

เป็นชุดอุปกรณ์ที่มีการติดตั้งเข้ากับชิ้นส่วนอิเล็คทรอนิกส์ที่ดี ซึ่งจะมีพัดลมหรือไม่มีก็ได้แล้วแต่ระบบที่เรานำไปใช้งานว่ามีปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นมากน้อยแคไหน ชุดครีบระบายความร้อนส่วนใหญ่ผลิตจากวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนสูงๆ เช่น อะลูมิเนียม ทองแดง เป็นต้น และผลิตให้มีพื้นที่ที่สัมผัสกับอากาศสูงๆ ด้วยการทำให้เป็นครีบแผ่นบางๆ หลายแผ่น โดยความร้อนที่เกิดขึ้นนั้นมาจากชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็กกว่าขนาดของชุดครีบระบายความร้อน ดังนั้นเมื่อพิจารณาสมดุลพลังงานอุณหภูมิของชุดครีบรวมกับอุณหภูมิของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มีค่าต่ำกว่ามากเมื่อเทียบกับอุณหภูมิของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่ไม่มีชุดครีบระบายความร้อน ดังแสดงในรูปที่ 6 ความร้อนที่เกิดขึ้นนั้นจะ

ถ่ายเทผ่านชุดครีบระบายความร้อนและระบายออกจากชุดครีบด้วยอากาศหล่อเย็นทั้งแบบระบายด้วยการไหลแบบธรรมชาติหรือทั้งแบบมีพัดลม ส่วนใหญ่จะใช้ในกรณีที่ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่ให้กำเนิดความร้อนสูงๆ เช่น โปรเซสเซอร์ กราฟิกการ์ด เป็นต้น อย่างไรก็ตามในคอมพิวเตอร์แต่ละรุ่น การระบายความร้อนที่เกิดขึ้นนั้นจะระบายได้ดีหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับขั้นตอนของการออกแบบในการวางตำแหน่งของชิ้นส่วนต่างๆ การวางตำแหน่งของชิ้นส่วนต่างๆ นั้นสำคัญมาก เพราะว่าสามารถที่จะป้องกันการกีดขวางของการไหลของอากาศที่จะระบายความร้อน เป็นสาเหตุของการกระจุกตัวของความร้อน และการลดขนาดของพัดลมที่ใช้ในระบบได้ด้วย บางครั้งพัดลมที่ใช้ในระบบนั้นสามารถที่จะติดตั้งมาตั้งแต่กระบวนการผลิตเลยก็ได้ จะเป็นชิ้นส่วนเดียวกันเลยกับชุดแผงวงจรหลัก นอกจากนั้นการระบายความร้อนที่เกิดขึ้นผ่านไปยังครีบระบายความร้อนที่ติดตั้งนั้นจะระบายดีหรือไม่ดีนั้น ยังขึ้นอยู่กับขั้นตอนในการติดตั้งว่าที่ผิวสัมผัสระหว่างชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์สัมผัสกับชุดครีบระบายความร้อนได้แนบสนิทหรือเปล่า แต่อย่างไรก็ตามปัญหานี้ก็สามารถแก้ไขได้ด้วยการใช้ Thermal grease, Thermal pad หรือ Thermal adhesive ซึ่งวัสดุเหล่านี้มีค่าการนำความร้อนสูง ทาที่ผิวสัมผัสของทั้งสองชิ้นส่วนที่สัมผัสกัน ซึ่งจะช่วยในการลดความต้านทานทางความร้อนเนื่องจากผิวสัมผัสได้ (Thermal contact resistance) ความร้อนถ่ายเทออกจากชุดระบายความร้อนด้วยการพาเป็นส่วนใหญ่ มีการติดตั้งพัดลมระบายความร้อนออกจากชุดระบายความร้อน เป็นวิธีที่ราคาถูก สะดวกในการติดตั้ง สำหรับชุดครีบระบายความร้อนส่วนใหญ่ผลิตจากวัสดุที่มีค่าการนำความร้อนสูงๆ เช่น อลูมิเนียม ทองแดง



รูปที่ 7 การระบายความร้อนโดยใช้เทอร์โมอิเล็คทริคซ์

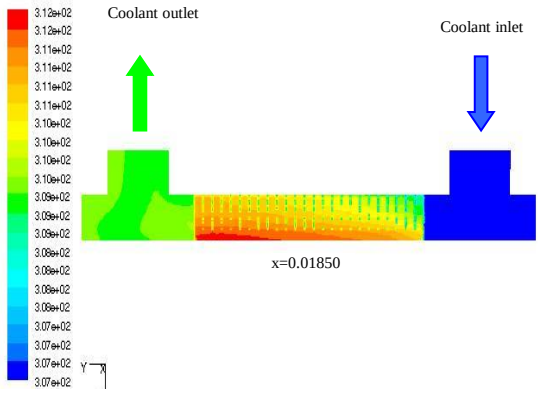
4.2.4 การใช้ Thermoelectric

ในปี 1821 Seebeck ได้พบว่า โลหะต่างชนิดกันเมื่อนำมาสัมผัสกันจะมีแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ขึ้น ถ้าที่ผิวสัมผัสนั้นมีอุณหภูมิต่างกัน ปรากฏการณ์ลักษณะนี้เรียกว่า “Seebeck effect” ซึ่งเป็นหลักการพื้นฐานในการพัฒนา Thermoelectric cooling ดังแสดงในรูปที่ 7 โดยที่ Thermoelectric มีการติดตั้งชุดครีบระบายความร้อนทั้งด้านร้อนและด้านเย็นเพื่อช่วยในการระบายความร้อน การระบายความร้อนทั้งสองด้านอาจจะเป็นการระบายความร้อนแบบบังคับหรือแบบอิสระก็ได้ แล้วแต่ระบบที่นำไปใช้หรือปริมาณความร้อนที่ต้องการระบายความร้อน ต่อมาในปี 1834 Jean Peltier ได้ค้นพบปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นตรงกันข้ามกับกับ Seebeck effect ที่เรียกว่า Peltier effect กล่าวคือ เมื่อให้แรงดันไฟฟ้ากับระบบจะทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิที่ผิวทั้งสองด้าน หลักการนี้ได้รับการพัฒนาในการนำไปใช้กับ Heat pump โดยทั่วๆ ไป แล้ว Peltier junction นี้มีประสิทธิภาพประมาณ 10-15% สำหรับระบบการทำความเย็นแบบอุดมคติ (Carnot cycle) และ 40-60% สำหรับระบบทำความเย็นแบบอัดไอทั่วไป (Reverse Rankine system using compression/expansion) เนื่องจากมีประสิทธิภาพต่ำนี้เอง Thermoelectric จึงถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการรักษาสภาพแวดล้อมทั่วไปส่วนใหญ่ แต่อย่างไรก็ตามการใช้ Thermoelectric ก็มีข้อดีหลายอย่าง เช่น ไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ การบำรุงรักษาต่ำ ขนาดกระทัดรัด เป็นต้น

4.2.5 การใช้ Liquid cooling

การระบายความร้อนด้วยของเหลวเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงในการระบายความร้อนออกจากชิ้นส่วนอิเล็คทรอนิคส์ ซึ่งได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ในคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะบ้างแล้ว เมื่อเปรียบเทียบกับการระบายความร้อนด้วยอากาศ เนื่องจากของเหลวมีค่า Specific heat capacity และค่า Thermal conductivity สูงกว่าอากาศ หลักการนำไปใช้ในการหล่อเย็นระบบคอมพิวเตอร์ก็มีลักษณะคล้ายๆ กับการหล่อเย็นในระบบเครื่องยนต์ ใช้น้ำหมุนเวียนในการ

หล่อเย็นระบบ ด้วยการใช้ปั๊มน้ำ ปั๊มน้ำให้ไหลผ่าน Water Block โลหะที่ติดตั้งบน CPU ดังรูปที่ 8 หลังจากนั้นก็ไหลไปยังอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อระบายความร้อนทิ้งไป ออกสู่บรรยากาศภายนอก ของไหลที่ใช้ในการหล่อเย็น ต้องมีความสามารถในการหล่อเย็นได้ดีกว่าอากาศ ซึ่งเหมาะสำหรับการทำ Overclocking คอมพิวเตอร์เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น [4] เมื่อเปรียบเทียบกับอากาศ การใช้ของเหลวในการหล่อเย็น การเปลี่ยนแปลงอากาศในสภาพแวดล้อมมีผลน้อยกว่าการใช้อากาศในการหล่อเย็น และนอกจากนั้นในขณะทำงานยังเงียบกว่า แต่อย่างไรก็ตามการใช้ระบบการหล่อเย็นด้วยของเหลวก็มีข้อเสียหลายอย่างเหมือนกัน เช่น ความสลับซับซ้อนของระบบการหล่อเย็น ความเชื่อมั่นในการติดตั้งระบบและสารหล่อเย็นจะเกิดการรั่วได้ในระบบ และความสะอาดของสารหล่อเย็น เมื่อของเหลวไปสัมผัสกับชิ้นส่วนอื่นๆ ถึงแม้ว่าระบบการระบายความร้อนแบบนี้ได้มีการพัฒนาเป็นชุดระบายความร้อนสำเร็จรูปแล้วก็ตาม การใช้ชุดครีบในการระบายความร้อนนั้นก็ยังเป็นที่นิยมมากว่าทั้งนี้ก็เพราะการติดตั้งง่ายกว่า ราคาถูกกว่า การบำรุงรักษาง่าย [5] อย่างไรก็ตามระบบการระบายความร้อนแบบนี้ก็มีความจำเป็นสำหรับระบบการระบายความร้อนที่มีความร้อนเกิดขึ้นสูงๆ เช่น GPU



รูปที่ 8 Water block ของการระบายความร้อนด้วยของเหลว [7]

รูปที่ 9 ระบบการระบายความร้อนแบบไฮบริด

ในช่วงเริ่มต้นของการพัฒนาระบบการระบายความร้อนด้วยของเหลวนั้น มีข้อจำกัดในเรื่องของ Mainframe ของคอมพิวเตอร์ ส่วนใหญ่ได้มีการผลิตหรือติดตั้งมาจากโรงงานเรียบร้อย หรือมีชุดสำเร็จรูปเรียบร้อย ต่อมาได้มีการพัฒนาเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานและติดตั้ง จึงได้มีการผลิตชิ้นส่วนแต่ละชิ้นในรูปที่ 9 ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับลักษณะของ Mainframe ของคอมพิวเตอร์แต่ละชนิด และความจำเป็นในการใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 10

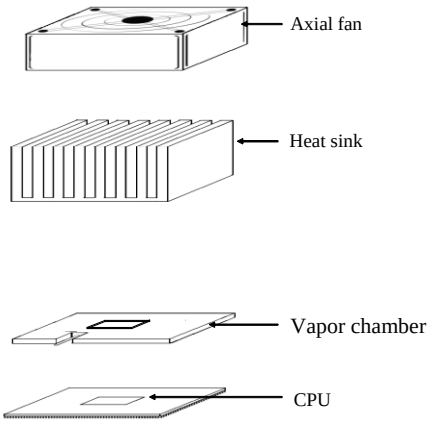
รูปที่ 10 การระบายความร้อนด้วยของเหลว

การประยุกต์ใช้ระบบการระบายความร้อนด้วยของเหลวนั้นสามารถที่จะติดตั้งได้ทุกชิ้นส่วนของคอมพิวเตอร์ที่มีความร้อนเกิดขึ้นสูงๆ เช่น CPUs หรือ GPUs, ชิ้นส่วนอื่นๆ ที่มีความร้อนเกิดขึ้นไม่สูงมากก็อาจจะใช้ระบบการระบายความร้อนโดยอากาศก็ได้ แล้วแต่ความเหมาะสม

4.2.6 การใช้ Heat pipe or vapor chamber

ท่อความร้อนเป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีอัตราการถ่ายเทความร้อนได้อย่างรวดเร็ว แม้

ในสภาวะที่มีผลต่างของอุณหภูมิไม่มากนัก การหล่อเย็นเครื่องยนต์ หรือระบบทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น การประยุกต์ใช้ในคอมพิวเตอร์ สามารถติดตั้งปลายด้านร้อนเข้ากับชิ้นส่วนของคอมพิวเตอร์เพื่อรับความร้อน ซึ่งสารทำงานในท่อความร้อนก็จะมีการระเหยกลายเป็นไอ ไอของสารทำงานก็จะเคลื่อนที่ไปยังปลายท่อความร้อนที่เย็นกว่า ปลายด้านเย็นของท่อความร้อนนี้ สารทำงานระบายความร้อนออกจากท่อความร้อนแล้วจะควบแน่นกลายเป็นของเหลวไหลย้อนกลับไปด้านร้อนเหมือนเดิม ส่วนความร้อนที่ระบายออกไปนั้น ที่ปลายด้านนี้จะมีการติดตั้งชุดครีบและพัดลมเพื่อช่วยในการระบายความร้อนออกสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งปลายด้านร้อนนี้สามารถที่จะติดตั้งเข้ากับชิ้นส่วนคอมพิวเตอร์จุดไหนก็ได้ที่มีปริมาณความร้อนเกิดขึ้นสูงๆ เช่น CPU หรือ GPU ดังแสดงในรูปที่ 11



รูปที่ 11 ระบบห้องไอสำหรับระบายความร้อนซีพียู [8]

4.2.7 การใช้ Electrostatic air movement/ corona discharge effect cooling

Kronos ได้พัฒนาเทคโนโลยนี้เพื่อใช้ในการระบายความร้อนอุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์ โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า Ionic wind pump หรือที่เรียกว่า Electrostatic fluid accelerator หลักการทำงานพื้นฐานของระบบนี้เกิดจากการที่ Ionic wind pump ปล่อย Corona discharge ทำให้เกิดการรั่วไหลของไฟฟ้าที่บริเวณใกล้ๆ ตัวเก็บประจุไฟฟ้า ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิด Ionization of the surrounding fluid (air) โดยรอบ หลักการขับเคลื่อนอากาศไอนิค (ionic air propulsion) ด้วย Corona-generated charged particles นี้เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลาตราบเท่าที่ยังมีกระแสไฟฟ้าอยู่ ซึ่งหลักการนี้ได้รับการพัฒนาประยุกต์ใช้ในระบบต่างๆ เช่น Photocopying industry, air-conditioning systems, itrogen lasers, air ionizers เป็นต้น และนอกจากนั้นยังได้พัฒนาใช้ในระบบ Air filter และการระบายความร้อนในไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่ง Corona discharge cooler ได้รับการพัฒนาโดย Kronose เกิดจากการที่ปลายขั้ว Cathode สร้างสนามไฟฟ้าแรงสูง โดยที่ชิ้นส่วนอิเล็คทรอนิคส์เป็นปลายขั้วอีกด้าน ศักยภาพทางด้านพลังงานทำให้เกิด โมเลกุล Oxygen and nitrogen molecules ในอากาศที่บริเวณรอบๆ ทำให้เกิด Ionized ของอากาศ (Positive charge) และเกิด Corona ขึ้น ซึ่งอนุภาคอากาศที่บริเวณนั้นมีประจุปลายขั้วตรงข้ามซึ่งเป็นขั้ว Anode ที่บริเวณซีพียูจะเป็นการทำให้ Charge ions in the corona เกิดการเคลื่อนที่ไปยังขั้ว Anode เกิดการปะทะกับสารแขวนลอยต่างๆ ในอากาศที่มีประจุเป็นกลางขึ้น ระหว่างที่มีการชนกันนั้นจะมีการถ่ายเทพลังงาน โมเมนตั้ม จาก Ionized gas ไปยัง Neutral air molecules ส่งผลให้ เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศไปยังขั้ว Anode ซึ่งข้อดีของการระบายความร้อนโดยวิธีนี้มีหลายอย่าง เช่น ไม่มีชิ้นส่วนอะไรที่เคลื่อนที่ ระบายความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่มีเสียงรบกวน ในขณะที่ใช้พลังงานเพิ่มขึ้นมาต่ำมาก [6]

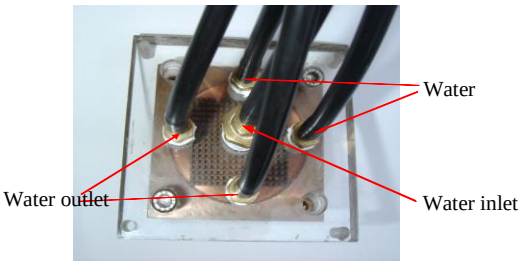
4.2.8 การใช้ Phase-change cooling

เทคนิคการหล่อเย็นแบบมีการเปลี่ยนสถานะของสารหล่อเย็นเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากในการหล่อเย็นในโปรเซสเซอร์ ระบบการหล่อเย็นแบบอัดไอของสารหล่อเย็นที่มีการเปลี่ยนสถานะที่ได้นำมาประยุกต์ใช้ในคอมพิวเตอร์ มีท่อขนาดเล็กๆ โดยหลักการทำงานคล้ายๆ กับการทำงานของระบบปรับอากาศ โดยเครื่องอัดอากาศจะอัดไอของสารหล่อเย็นหรือของผสมระหว่างไอและของเหลว เพื่อให้อยู่ใน

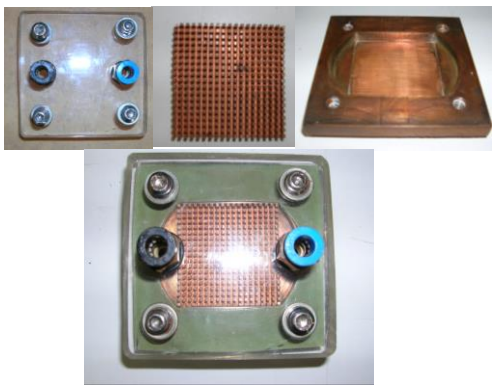
สถานะของเหลว หลังจากนั้นก็จะไหลผ่านอุปกรณ์ขยายตัว ซึ่งของเหลวบางส่วนมีการเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ อุปกรณ์ขยายตัวนี้ทำจากท่อทองแดงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กๆ ทำหน้าที่คล้ายๆ อุปกรณ์ขยายตัว ในขณะที่ของเหลวมีการเปลี่ยนสถานะ จะมีการดูดความร้อนจากบริเวณรอบๆ หรือจากโปรเซสเซอร์ เพื่อใช้ในการเปลี่ยนสถานะ หลังจากนั้นไอของสารหล่อเย็นถูกดูดและอัดตัวให้กลายเป็นของเหลวอีก ทำงานเป็นวัฏจักร โดยการระเหยเกิดขึ้นที่อุณหภูมิประมาณ -15°C ถึง -150°C ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้น ระบบการหล่อเย็นและชนิดของสารหล่อเย็น ประเด็นสำคัญสำหรับระบบการหล่อเย็นนี้คือ การออกแบบระบบท่อ การพิจารณาจุด Dew point และการหุ้มฉนวนของระบบ รวมถึงการพิจาณาถึงการรั่วซึมของสารหล่อเย็น การรั่วซึมของสารหล่อเย็นเป็นเรื่องที่สำคัญมากเพราะว่า ถ้ามีการรั่วซึม จะส่งผลต่อความเสียหายของอุปกรณ์อิเล็คทรอนิกส์ต่อมาระบบดังกล่าวแก้ไขระบบการหล่อเย็นด้วยการติดตั้งปั๊มเข้าไปในวงจร ซึ่งเป็นการเพิ่มความสามารถในการระบายความร้อนจากแหล่งกำเนิดได้ดีขึ้น และไม่ต้องกังวลเรื่องอุณหภูมิของสภาพอากาศในขณะทำงาน อุณหภูมิในขณะทำงานสามารถที่จะปรับได้ด้วยการปรับความดันในระบบการหล่อเย็น ซึ่งจะสามารถใช้ คอนเดนเซอร์และพัดลม ให้มีขนาดเล็กลง นอกจากนั้นการเลือกใช้สารหล่อเย็นที่ไหลในระบบนั้นก็มีความสำคัญเป็นอย่างมาก ซึ่งสารหล่อเย็นชนิดใหม่ๆ ในปัจจุบันสามารถที่จะระบายความร้อนออกจากระบบได้ดีกว่าแบบเดิมมาก

4.2.9 การใช้ Chip-integrated/Rounded cables

การใช้ระบบการหล่อเย็นในการระบายความร้อนส่วนใหญ่จะติดตั้งเข้ากับชิ้นส่วนของคอมพิวเตอร์ที่ต้องการหล่อเย็น ซึ่งการติดตั้งชิ้นส่วนแต่ละชิ้นนั้นจะมีความต้านทานทางความร้อนเกิดขึ้นเสมอ อย่างไรก็ตามค่าความต้านทานทางความร้อนนี้สามารถที่ทำให้ลดลงได้ ความร้อนที่เกิดขึ้นจากชิ้นส่วนคอมพิวเตอร์สามารถที่จะระบายออกจากตำแหน่งต่างๆ ได้ด้วยการการระบายความร้อนออกจากจุดนั้นโดยตรง ซึ่งตำแหน่งที่มีความร้อนเกิดประมาณ 300 W/m^2 (สำหรับ CPU แบบทั่วๆ ไป ประมาณ 100 W/m^2) หรือมากกว่า 1000 W/m^2 สำหรับซีพียูในอนาคต ความร้อนที่เกิดขึ้นตามจุดต่างๆ เหล่านี้มีผลอย่างมากต่อการพัฒนา High power density chips ซึ่งได้มีนักวิจัยได้ทำการศึกษาและพัฒนาระบบการระบายความร้อนที่เกิดขึ้นในชิปคอมพิวเตอร์แบบบูรณาการ ด้วยการใช้ Micro-channel or mini-channel heat sinks และ Jet impingement cooling ดังแสดงในรูปที่ 12, 13 ในเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลรุ่นเก่าส่วนใหญ่ใช้สาย Flat ribbon cables ที่เชื่อมต่อระหว่างชิ้นส่วนต่างๆ ซึ่งการที่สายเชื่อมต่อนี้มีลักษณะแบนนี้ มีผลอย่างมากต่อแรงต้านและการปั่นป่วนในคอมพิวเตอร์ สำหรับการ Overclockers and modders นิยมใช้สายเชื่อมต่อแบบกลม เพราะสามารถติดตั้งได้อย่างมั่นคงกว่าและสามารถลดพื้นที่ในการติดตั้งลงได้



รูปที่ 12 การระบายความร้อนแบบฉีดกระทบ [9]



รูปที่ 13 ชุดครีบระบายความร้อนแบบช่องการไหลขนาดเล็ก [10]

5. สรุป

เทคนิกในการระบายความร้อนในคอมพิวเตอร์มีหลายวิธี เช่น การใช้พัดลม เทอร์โมอิเล็คทริคส์ และใช้ระบบหล่อเย็นด้วยของเหลว แต่ละวิธีก็มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน ดังนั้นแนวทางในการเลือกใช้วิธีการระบายความร้อนนั้นก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดของเครื่องคอมพิวเตอร์ ปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้น สภาพแวดล้อม ความยากง่ายในการติดตั้ง การบำรุงรักษา รวมถึงค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง

เอกสารอ้างอิง

[1] Sadık, K., Yüncü, H., and Hijikata, K., “Cooling of Electronic Systems,” *Springer*, 1994.

[2] Doane, D. A., and Franzon, P.D., “Multichip Module Technologies and Alternatives: The Basics,” *Springer*, 1993.

[3] R. M. Russel, "The Cray-1 Computer System," *Communications of the ACM - Special Issue on Computer Architecture*, vol. 21, pp. 63-72, 1978.

[4] Hardwidge, B., “Building Extreme PCs: The Complete Guide to Modding and Custom PCs,” *O'Reilly Media*, 2010.

[5] D. Murphy, "Maintain your water-cooling setup," *Maximum PC Magazine*, pp. 58-60, 2007.

[6] I. Mudawar, "Assessment of high-heat-flux thermal management schemes," *IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology*, vol. 24, pp. 214-216, 2010.

[7] P. Naphon, S. Klangchart, and S. Wongwises, “Numerical investigation on the heat transfer and flow in the mini-fin heat sink for CPU,” *International Communications in Heat and Mass Transfer*, vol. 36, pp. 834-840, 2009a.

[8] P. Naphon, S. Wongwises, and S. Wiriyasart, “On the thermal cooling of central processing unit of the PCs with vapor chamber,” *International Communications in Heat and Mass Transfer*, vol. 39, pp. 1165-1168, 2012.

[9] P. Naphon and S. Wiriyasart, “Liquid cooling in the mini-rectangular fin heat sink with and without thermoelectric for CPU,” *International Communications in Heat and Mass Transfer*, vol. 36, pp. 166-171, 2009b.

[10] P. Naphon and S. Wongwises, “Investigation on the jet liquid impingement heat transfer for the central processing unit of personal computers,” *International Communications in Heat and Mass Transfer*, vol. 37, pp. 822-826, 2010.