

BİLGİSAYAR SİSTEMLERİNDE SOĞUTMA TEKNOLOJİLERİ VE GELECEĞİ

Yılmaz YÖRÜ

ÖZET

Bu çalışmada günümüz masaüstü ve dizüstü bilgisayar teknolojilerinde kullanılan soğutma teknolojileri ve gelecekte bu sistemlere uygulanabilecek soğutma sistemleri ele alınmıştır. İşlemcilerin hızlanma yarışı sonucunda meydana gelen aşırı ısınma problemleri ile başlayan bilgisayarlardaki soğutma teknolojileri, her yeni bilgisayar tasarımı ile birlikte biraz daha gelişmiş ve problemin sadece elektronik olmadığı mekanik bakımdan da geliştirilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Bir işlemci ne kadar ısınmadan uygun şartlarda tutulabilirse, o kadar hızlı çalıştırılabilmektedir. Uygulanacak soğutma tekniği ve mekanik aksam bu bakımdan önemlidir.

Bilgisayarlarda, pasif soğutma sistemlerinin yanı sıra, hava, su, buz, nitrojen ile soğutma gibi farklı teknikler kullanılabilmektedir. Yeni gelişen çok çekirdekli ve CPU+GPU birleşimli işlemciler ile bilgisayarlardaki soğutma sistemleri daha da önem kazanmaktadır. Bu çalışmanın bilgisayar sistemlerinde mevcut olan soğutma teknolojilerindeki mekanik problemler ve gelecekteki olası çözümler bakımından da faydalı olması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bilgisayar, Soğutma, İşlemci, Hava, Su, Nitrojen, Çok çekirdekli işlemciler

1. GİRİŞ

Günlük hayatımızda evlerimizde, işyerlerimizde kullandığımız bilgisayarlar, cebimizde taşıdığımız cep telefonları kullandıkları işlemcilerden ve ekranlarından çevremize sürekli ısı ve ışık enerjisi yayarlar. Yayılan bu ısının atılabilmesi için gerekli olan soğutma sisteminin tasarımı ve buna bağlı bileşenlerinin seçimi çok önemlidir.

İlk bilgisayarlardan bu yana bilgisayar soğutma teknolojileri de çok gelişmiştir. İlk zamanlarda düşük işlemci hızları ve daha az olan ekipmanlar nedeni ile soğutma yapılmamaktaydı. İşlemci hızlarındaki artış ve transistör sayılarındaki artışlar nedeni ile işlemcilerin soğutulması da önem kazanmaya başladı. Bilgisayarlarda kullanılan ilk soğutma sistemleri pasif soğutuculardır (heat sink). Bu aşamada pasif soğutucu blokların malzemelerinin geometrik tasarımlarında önemli değişiklikler olmuştur. Pasif soğutucular yetersiz olunca bu soğutucu bloklar bir fan yardımı ile hava ile soğutulmaya başlanmıştır. Isıdan etkilenen fanlardaki zamanla ses yapma ve yetersiz soğutma nedenleri ile işlemcilere özel fan tasarımları ve buna bağlı yeni soğutucu bloklar gelişmiştir. Bunları su ile soğutma, absorpsiyonlu soğutma, sıvı nitrojen ile soğutma (LN2) sistemleri takip etmiştir.

2011 yılı itibari ile günümüzde yüksek performanslı bir bilgisayar; monitör, yazıcı gibi bileşenleri ile birlikte 1100 Watt'ın üzerindeki güçte enerji sarfiyatı yapabilmektedir, bu değer 11 watt'lık 100 adet tasarruflu lambaya eşdeğerdir ve en az 10 dairenin ortalama aydınlatmasını sağlayabilecek bir elektriksel harcamayı ifade eder. Genel olarak kullanılan ofis bilgisayarları ise 300–600 watt'lık güçte bir enerji sarfiyatı yapar.

Bilgisayar teknolojileri her geçen gün yenilenmekte ve hızlanmaktadır. Bu hızlı rekabet gücü maalesef literatürde yapılan çalışmalara pek yansımamıştır. Bu nedenle literatürde bilgisayarlardaki soğutma teknolojileri ile ilgili açık kaynak çok azdır. Yapılan bazı çalışmalar şöyle sıralanabilir:

Borovyi ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada işlemcilerin çalışırken çektikleri akımı değerlerini direk işlemci üzerinden ölçebilen bir cihaz geliştirmişlerdir [1]. Kim ve arkadaşları ısı bloku ve ısı borusu sistemi ile masaüstü bilgisayarların işlemcilerini soğutmuşlardır [2]. Isı bloku ile soğutmanın yüksek fan hızında daha iyi olduğunu ancak 2950 d/dak'nın altında dönen fanlarda ısı borulu sistemlerin daha verimli olduğunu belirtmişlerdir. Naphon ve Wiriysart ise küçük kare kesitli kanatçıklı bir ısı bloku ile sıvı soğutma yapmışlardır. De-iyonize edilmiş suyun kullanıldığı çalışmada farklı CPU sıcaklıkları ve çekilen güçleri değerlendirilmiştir [3]. Son ve arkadaşlarının yaptıkları bir çalışmada sparse matris çözümlene uygulamalarında voltaj ayarlamaları yaparak %13 ve %17 düzeyinde enerji verimliliği yapmışlardır [4].

Bu çalışmada günümüzde bilgisayarlarda kullanılan soğutma teknolojileri ve gelecekte bu sistemlere uygulanabilecek soğutma sistemleri ele alınmıştır. İşlemcilerin hızlanma yarışı sonucunda meydana gelen aşırı ısınma problemleri ile başlayan bilgisayarlardaki soğutma teknolojileri, her yeni bilgisayar ile birlikte biraz daha gelişmiş ve problem in sadece elektronik olmadığı mekanik bakımdan da geliştirilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Bir işlemci ne kadar ısınmadan uygun şartlarda tutulabilirse o kadar hızlı çalıştırılabilir, uygulanacak soğutma tekniği ve mekanik aksam bu bakımdan önemlidir.

2. BİLGİSAYARLARDA SOĞUTMA SİSTEMİ TASARIMINDA TEMEL TERMODİNAMİK DENKLEMLER

Termodinamiğin birinci yasası enerjinin var veya yok edilemeyeceğini, ancak bir biçimden diğerine dönüşebileceğini vurgular [5]. Bir başka deyişle enerjinin korunumu ilkesine göre, herhangi bir hal değişimine uğrayan bir sistem için en genel enerji korunumu denklemi

$$\left(\begin{array}{c} \text{Sisteme giren} \\ \text{toplam enerji} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{Sistemden çıkan} \\ \text{toplam enerji} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{Sistemin toplam} \\ \text{enerjisindeki değişim} \end{array} \right)$$

şeklinde yazılabilir. Bunu semboller ile ifade etmek gerekirse;

$$E_{giren} + E_{çikan} = \Delta E_{sistem} \text{ (kJ)}$$

yazılabilir. Bu denklem birim zamanda olan enerji değişimine göre yazılacak olursa

$$\dot{E}_{giren} + \dot{E}_{çikan} = \Delta \dot{E}_{sistem} \text{ (kW)}$$

olur. Sürekli rejimdeki bir sistem için sistem içindeki enerji değişimi yok sayılabilir. Örneğin bilgisayarınızı açtınız ve uzun süredir Word'de sadece yazı yazıyorsunuz veya işlemciyi ve ekran kartını maksimum kapasitede çalıştıran 3 boyutlu bir ekran koruyucunuz sürekli çalışıyor. Buna göre sürekli rejimde çalışan bir sistem için birim zamanda enerji (güç) korunumu denklemi

$$\dot{E}_{giren} + \dot{E}_{çikan} = 0 \text{ (kW)}$$

olarak kullanılabilir.

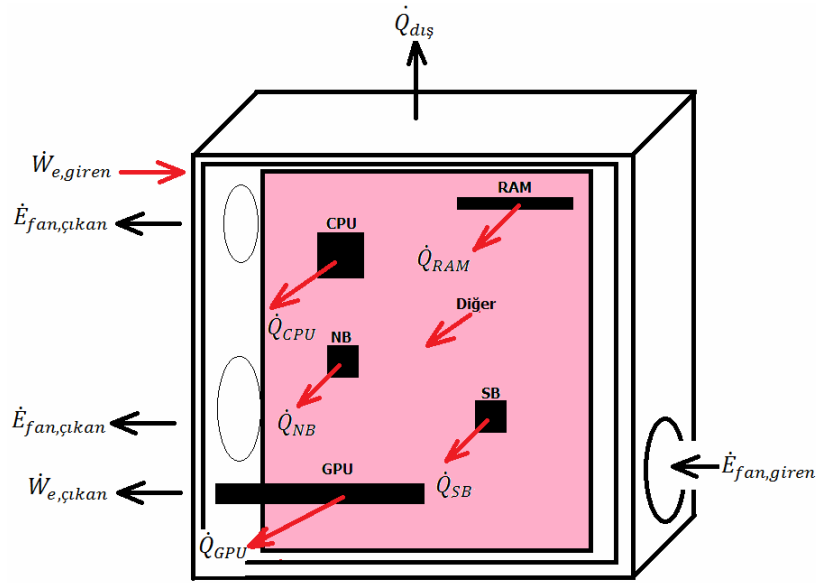
Yüksek performanslı bir bilgisayara giren elektriksel enerjinin önemli bir kısmı işlemcilerde ısıya dönüşmektedir. Merkezi işlem birimi (CPU), grafik işlem birimi (GPU), hafıza birimleri (RAM), kuzey (NB) ve güney köprüleri (SB) ve diğer özel işlemciler bu ısıyı oluşturur. Bilgisayarın anakartı ve üzerinde bağlı bulunan bileşenleri birlikte ele alacak olursak bu ifade

$$\dot{W}_{e,giren} = \dot{W}_{e,çıkan} + \sum \dot{W}_{e,kayıplar} + \sum \dot{Q}_{CPU} + \sum \dot{Q}_{GPU} + \sum \dot{Q}_{RAM} + \sum \dot{Q}_{NB} + \sum \dot{Q}_{SB} + \sum \dot{Q}_{diğer}$$

denklemler ile özetlenebilir. Şekil 1’de bir masaüstü (desktop) bilgisayarın kasa kontrol hacmi olarak alındığında olabilecek giren ve çıkan enerjiler gösterilmiştir. Buna göre enerji denkleminde, giren ve çıkan güçler olarak şu şekilde yazılabilir.

$$\left(\dot{W}_{e,giren} + \sum \dot{E}_{fan,giren} \right) - \left(\dot{W}_{e,çıkan} + \sum \dot{W}_{e,kayıplar} + \sum \dot{E}_{fan,çıkan} + \dot{Q}_{dış} \right) = 0$$

Bu denklem üretilen ısının tamamının atıldığı, ideal bir bilgisayar kasasında olması gereken durumu ifade eder. Kasaya giren toplam enerji çıkan toplam enerjiden büyük olduğu müddetçe kasa içinde sıcaklık artışı olur, bu durumda bu sistemde soğutma yetersizdir. Bunun için havayı dışarı atan fan sayısı artırılmalıdır.



Şekil 1. Bilgisayar Kasasında Birim Zamanda Giren ve Çıkan Enerjiler

Ön ve yan kasa fanları temiz ortam havasını kasanın içine sevk eder. Burada kontrol hacmimiz kasa sınırları olduğundan kasanın içine hava aktaran diğer fanlarda var ise bunlar da eklenebilir. Ancak burada dikkat edilmesi gereken husus; işlemci fanı ve anakart üzerindeki diğer fanlar, kasa kontrol hacmimizin içinde bir işlem gerçekleştirdiğinden bunlar bu denklemden yer almazlar. Dolayısı ile fanlar aracılığı ile giren birim zamandaki enerjilerin toplamı

$$\sum \dot{E}_{fan,giren} = \dot{E}_{ön\ kasa\ fanı} + \dot{E}_{yan\ kasa\ fanı} + \dots$$

yazılabilir ve arka kasa fanı ve güç kaynağı fanı ise kasanın içindeki ısıyı dışarı atan fanlardır. Bun göre

$$\sum \dot{E}_{fan,çıkan} = \dot{E}_{ön\ arka\ fanı} + \dot{E}_{güç\ kaynağı\ soğutma\ fanı} + \dots$$

yazılabilir. Bir fanın üflediği toplam enerji gücü, milinden kaynaklanan sürtünme kayıpları ve diğer kayıplar ihmal edilirse

$$\dot{E}_{fan} = \dot{U} + \dot{m}_{hava} \times \frac{1}{2} V^2$$

yazılabilir. Diğer türlü fanın üflediği enerji miktarı basitçe fan verimi ile çarpılmalıdır. Ayrıca fan ile üflenen havanın ortalama sıcaklığı ve ortalama basıncı biliniyorsa, entalpi ve kütleli debi değerleri kullanılarak, birim zamandaki enerjisi

$$\dot{E}_{fan} = \dot{m}_{hava} \times h_{hava}$$

yazılabilir.

Bir soğutma sistemi tasarlanırken yukarıda verilen termodinamik denklemler göz önünde bulundurulmalıdır. Böylece kasa içinde üretilen ısı en iyi biçimde dışarı atılır ve sistemde gerekli soğutma sağlanmış olur.

3. BİLGİSAYARLARDA SOĞUTMA TEKNOLOJİLERİ

Bilgisayarlarda, pasif soğutma sistemlerinin yanı sıra, hava, su, buz, nitrojen ile soğutma gibi farklı teknikler kullanılabilir. Bilgisayarlarda kullanılan ve kullanılabilecek bazı soğutma sistemleri aşağıda sıralanmıştır.

3.1. Pasif Yüzey Soğutma (İşlemci Yüzeyi ve/veya Hava Soğutma Bloğu ile)

Pasif yüzey soğutmada işlemciler doğrudan işlemcilerin hava ile temas eden yüzeylerinde havanın ısınması ile meydana gelen hava akımı (konveksiyon) ile soğumaktadır. Isınmanın daha fazla olduğu bazı işlemciler ise hava bloku takviyesi ile soğutulacak yüzey alanı genişletilerek soğutulmaktadır. Geçmişte kullanılan birçok CPU ve GPU işlemciler ve günümüzde kullanılan PLC sistemler, sensörler gibi birçok elektronik ekipmanda kullanılan PIC'ler bu tip işlemcilerdir. Pasif yüzey soğutma ayrıca cep telefonlarında da sıkça kullanılmaktadır. Cihazın kasası ve cam yüzeyler soğutma amacı ile kullanılmaktadır. Bu nedenle pasif yüzey soğutmada, yüzey geometrisi, yüzeylerde kullanılan malzemenin ısı iletkenlik katsayısı ve bulunduğu ortamın sıcaklığı çok önemlidir. Bakır ve alüminyum hava blokları kullanılarak ısının atılması için gerekli olan yüzey alanı artırılarak daha fazla pasif soğutma yapılmaktadır.

3.2 Aktif (Zorlanmış) Soğutma (Hava Soğutma Bloğu ve Fan)

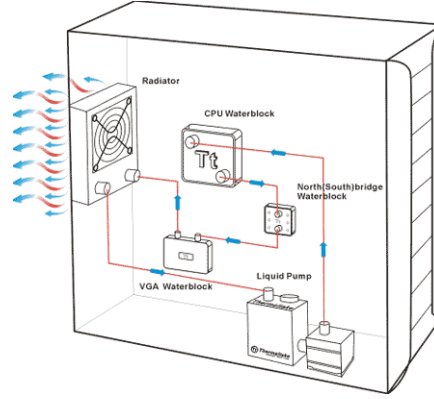
Pasif soğutmanın yetersiz olduğu yerlerde, fan destekli olarak hava ile soğutma kullanılarak ısınan işlemciler ve diğer elektronik parçalar daha kolay soğur. Günümüzde birçok bilgisayarda kasa içindeki ısı aktif hava soğutma ile dışarı atılmaktadır [6]. Isı bloklarının tasarımlarının yanı sıra fanın üflediği hava hızı ve fan çapı iyi bir soğutma yapılabilmesi bakımından önemlidir.

İşlemcilerin işlem gücü, sahip olduğu transistör sayısı ve işlemci hızı/mimarisi ile artar. Silikon işleme teknolojisinin küçülmesi ve transistör boyutlarının da buna bağlı olarak ufalmasıyla birim bazında enerji sarfiyatları azalsa da belirli bir alana düşen adetleri arttığı için toplamdaki enerji sarfiyatları artmaktadır [6].

3.3 Sıvı Soğutma (Su Blokları ile)

Su doğada kullanılabilecek en iyi soğutucu akışkanlardan biridir. Her ne kadar farklı ısı iletim katsayılarına sahip sıvılar ve karışımlar olsa da su özellikle ucuz olması, gerekli aktarım gücü ihtiyacının az olması ve iyi ısı iletkenliği nedeniyle günümüzde en çok kullanılan ısı transfer araçlarındandır.

Bilgisayar kasası içindeki ısının atılmasında, su ile soğutma sistemleri hava ile soğutma sistemlerine göre daha yüksek performans sağlarlar. Şekil 2’de işlemci, ekran kartı ve güney köprüsünün bir arada soğutulduğu bir su soğutma sistemi görülmektedir.



Şekil 2. Su Soğutma Sistemine Bir Örnek [7]

3.4. Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma (Soğutucu Akışkan ile)

Soğutucu bir akışkanın (R134a gibi) kullanıldığı ve bir soğutma çevrimi içinde çalışan evaporatör bir blok ile ısının çekildiği sistemlerdir. Bu sistemler ekipmanlar, büyüklüğü ve fiyatları nedeni ile pek tercih edilmezler. Tersinir Carnot çevrimi ile çalışan küçük bir ısı pompası gibi çalışırlar.

3.5 Evaporatif Soğutma (LN2 ile)

Evaporatif yani buharlaşma ile soğutmada kaynama sıcaklığı çok düşük olan bir sıvının buharlaşması ile işlemci üzerinden ısının buharlaşan gaz ile çekilmesi sağlanır. Genellikle bu sistemlerde sıvı nitrojen kullanılır ve aşırı soğutma yapılarak işlemcinin çok düşük sıcaklıklara kadar soğutulması sağlanabilmektedir [6]. Bu soğutma çözümünde terleme sorunu daha baskındır. Bu nedenle evaporatif soğutmalı sistemler günlük kullanıma uygun değildir.

3.6 Soğurmalı (Absorbsiyonlu) Soğutma

Soğurmalı soğutma sistemlerinde soğutkanın bir taşıyıcı akışkan içinde soğurulması söz konusudur ve bilgisayar sistemlerinde ender rastlanan soğutma sistemlerindedir. En yaygın kullanılan soğurmalı soğutma sistemi amonyağın (NH3) soğutkan ve suyun (H2O) taşıyıcı akışkan olarak görev yaptığı amonyak-su sistemleridir.

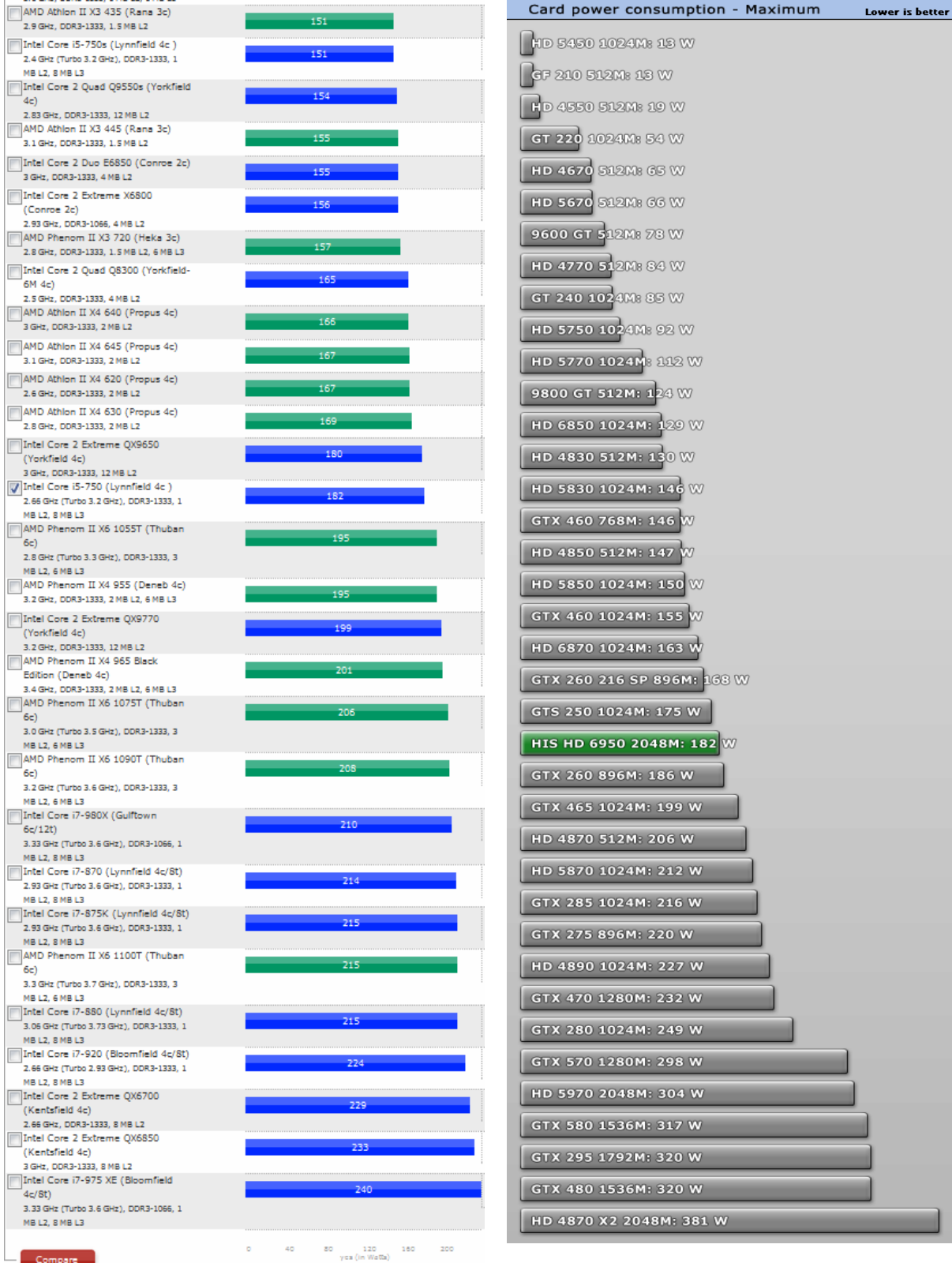
3.7 Termoelektrik Soğutma

Farklı metallere oluşan bir devreden, elektrik akımı geçirildiğinde uçlardan birisi soğur. Termoelektrik soğutma sistemleri bu teknik ile çalışan hem ısı hem elektriksel etkilerin olduğu termoelektrik sistemlerdir.

4. BİLGİSAYARLARDA İYİ BİR SOĞUTMA İÇİN DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN HUSUSLAR

Bir bilgisayarda (desktop, laptop, netbook, tablet, cep telefonu vs.) soğutmanın iyi yapılabilmesi için dikkat edilmesi gereken bazı hususlar şöyle sıralanabilir.

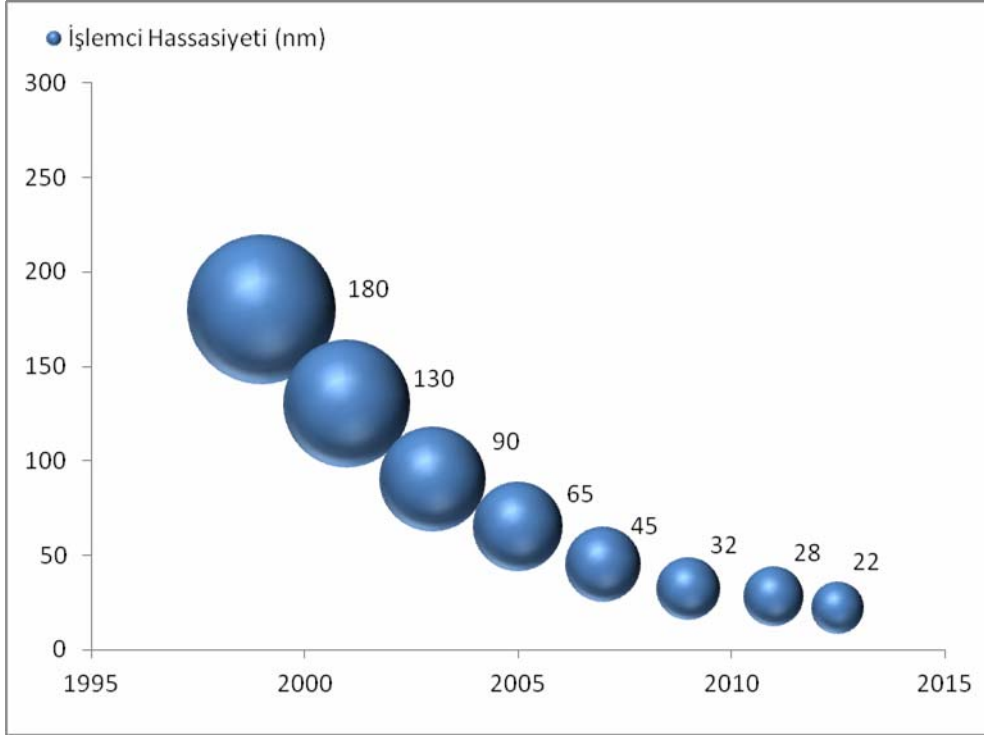
- Seçilecek soğutma sisteminde kullanılan işlemciler in termal tasarım güç değerine dikkat edilmeli ve sistem buna göre seçilmelidir (Şekil 3).
- Soğutma yapılacak ve yapacak tüm ekipmanların yüzey alanları, geometrileri ve ısı iletim katsayıları öncelikle ele alınması gerekir.
- Aktif soğutmanın zorunlu olduğu masa üstü bilgisayarlar gibi sistemlerde içeride oluşan ısının takmamamınım dışarı atılması önemlidir.
- Pasif soğutmanın yapıldığı bilgisayar bileşenlerinin geometrisinde konveksiyon ile soğutmanın iyi analiz edilmesi ve ısınan havanın yerçekiminin zıttı yönde daha kolay atılması sağlanmalıdır.
- Çok iyi hava soğutmanın yapılması gereken yerlerde aksel fan yerine radyal fanlar tercih edilmelidir.
- Fan gibi uzun süre çalışan ekipmanların sessiz olması ve ömürlerinin yüksek olması gerekir.
- Çok fazla bilgisayarın olduğu (server odaları gibi) sistemlerde merkezi su ile soğutma sistemleri düşünülebilir.



Şekil 3. Bazı Merkezi İşlemciler (CPU) ve Grafik İşlemciler (GPU) Ait Güç Tüketim Değerleri (Watt) [8]

5. GELECEKTE SOĞUTMA TEKNOLOJİLERİ

Bilgisayarlarda soğutma ihtiyacı 1990'lı yıllardan sonra daha güçlü işlemcilerin gelmesi ile zamanla artmıştır. İşlemcinin yüksek hızda çalışması daha fazla ısı üretimine neden olmaktadır bu nedenle işlemciler bir yandan hızlandırılırken diğer taraftan daha yüksek hızda çalışabilen ve daha az ısınan işlemciler yapabilmek için işlemci üretim hassasiyeti giderek artmış ve 2011 yılı itibariyle 28nm'lik hassasiyette işlemciler yapılabilmektedir (Şekil 4). Önde gelen işlemci firmaları 22nm'lik hassasiyette projeksiyonlar sunmaktadırlar [9,10]. Bu teknolojinin gelişmesi ile aynı zamanda işlemci yüzey alanı da azaltılmıştır. Daha verimli, daha az güç çeken daha az ısınan işlemciler yapılmıştır.

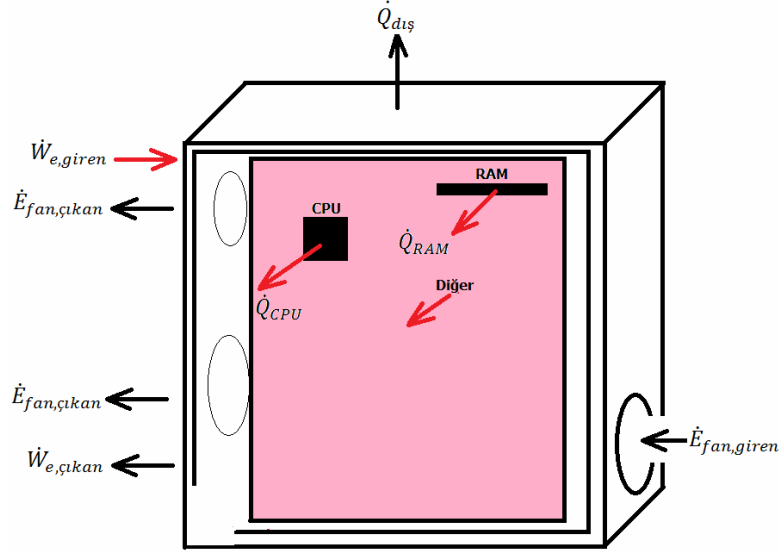


Şekil 4. Bilgisayarlarda İşlemci Üretim Hassasiyetinin Yıllara Göre Değişimi [9,10]

Şekil 4 aynı zamanda, orta ölçekli bir ofis bilgisayarında (yazı yazma ve internet vs.), soğutmaya daha çok ihtiyaç duyulduğu 2000-2010'lu yıllara nazaran, işlemcilerdeki soğutma ihtiyacının giderek azalacağını göstermektedir.

Yüksek performanslı bilgisayarlar için daha iyi bir soğutma [11] gerekeceğinden bilgisayarlardaki soğutma sistemlerinde de yenilikler ve iyileştirmelerin olması kaçınılmazdır. Ancak ofislerde kullanılan bilgisayarlarda işlemcilerin üretim hassasiyeti arttıkça (transistör boyutu düştükçe) atılan ısı miktarı azalmaktadır. Bu nedenle Şekil 2 ele alındığında gelecekte ofis bilgisayarlarının çoğunda bilgisayar gövdesinin hatta LCD monitör yüzey alanlarının kullanıldığı pasif soğutmalı sistemlerin olması beklenmektedir. Fan, su soğutma vb. diğer soğutma sistemleri bu bilgisayarlar için önemini yitirerek, kasalarda yüzey geometrisi ve malzeme teknolojisinin öne çıkması beklenmektedir.

Masaüstü bilgisayarlarda da soğutma elemanlarında azalma olacaktır (Şekil 5). Önde gelen işlemci firmalarının 2011 yılında grafik işlemcisi (GPU) entegreli yeni çok çekirdekli işlemcileri pazara sürülmesi beklenmektedir. Bu yeni çok çekirdekli işlemcilerde soğutulması gereken birçok birim (grafik işlemci, güney köprüsü, kuzey köprüsü) tek bir işlemcide toplandığından soğutma yapacak sistemler ile ilgili yeni tasarımlar olacaktır.



Şekil 5. Yeni Bilgisayar Kasalarında Öngörülen Soğutma İhtiyacı

SONUÇ

Yeni gelişen çok çekirdekli ve CPU+GPU birleşimli işlemciler ile bilgisayarlardaki soğutma sistemleri daha da önem kazanmaktadır. Bu çalışmanın bilgisayar sistemlerinde mevcut olan soğutma teknolojilerindeki mekanik problemler ve gelecekteki olası çözümler bakımından da faydalı olması beklenmektedir.

Bu çalışma ile bilgisayarlarda kullanılan soğutma teknolojileri hakkında bilgi verilmiş ve 2011 yılı ve sonrasında pazara sunulacak yeni bilgisayarlar için yeni soğutma teknolojilerinin geliştirilebileceğine dikkat çekilmeye çalışılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] BOROVYI, A., KOCHAN, V., DOMBROVSKYY, Z., ET AL., Device for Measuring Instant Current Values of CPU's Energy Consumption, 5th IEEE International workshop on Intelligent data acquisition and advanced computing systems, 2009
- [2] KWANG-SOO K., MYONG-HEE W., JONG-WOOK K., BYUNG-JOON B., Heat pipe cooling technology for desktop PC CPU Applied Thermal Engineering, Vol.23 (9), Sf.1137-1144, 2003
- [3] PAISARN NAPHON, SONGKRAN 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(2), 2009, 166-171
- [4] SON, S., SON, S; MALKOWSKI, K; CHEN, GL, ET AL., Reducing energy consumption of parallel sparse matrix applications through integrated link/CPU voltage scaling, journal of supercomputing, Vol..41 (3) sf: 179-213 , 2007
- [5] ÇENGEL, Y.A., BOLES, M.A., Cengel Y, Boles M. Thermodynamics: An Engineering Approach (5th edn). McGraw-Hill: New York, U.S.A., 2006
- [6] AKAL A, Sıvı Soğutma Bilgisayar Sistemi (Bitirme Projesi), 9 Eylül Üniversitesi, İzmir, Haziran 2007
Danışman: Prof.Dr. İsmail H. Tavman
- [7] [7] Thermaltake Liquid Cooling Systems,

http://www.thermaltake.com/product_03.aspx?PARENT_CID=C_00000127&cid=C_00000127

Erişim: Ocak 2011

[8] Tomshardware CPU and GPU charts, <http://www.tomshardware.com/charts>

Erişim: Ocak 2011

[9] AMD, Thermal, Mechanical and Chassis Cooling Design Guide

<http://www.amd.com/tr/Pages/AMDHomePage.aspx>

Erişim: Ocak 2011

[10] INTEL® MICROARCHITECTURE CODENAME SANDY BRIDGE

<http://www.intel.com/technology/architecture-silicon/2ndgen/index.htm>, Erişim: Ocak 2011

[11] Donanım Haber, Overclock ve Soğutma, http://forum.donanimhaber.com/forumid_18/tt.htm, Erişim: Ocak 2011

ÖZGEÇMİŞ

Yılmaz YÖRÜ

1974 yılında Eskişehir'de doğmuştur. Liseyi Eskişehir Motor Anadolu Teknik Lisesi Uçak Motorları bölümünde tamamlamış; Lisans, Yüksek Lisans ve Doktorasını Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde yapmış ve aynı bölümde Araştırma Görevlisi olarak uzun yıllar çalışmıştır. Yurtiçi Doktora Sonrası Eğitimini ise TÜBİTAK-BİDEB'in desteği ile Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünde yapmıştır. Enerji Yönetimi, Enerji Projeleri araştırma ve Geliştirme, Sistemlerin Enerji ve Ekserji Analizleri, Yapay Zeka ilgi alanları arasındadır. 3 Boyutlu Tasarım, Bilgisayar Programlama ve en yeni teknolojiler diğer ilgi alanları arasındadır. Çalışma alanları ile ilgili ulusal ve uluslararası birçok yayını bulunmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.