

DECLARATION OF HERMAN KAHN

I, HERMAN KAHN, pursuant to 28 U.S.C. § 1746, hereby declare as follows:

1. I am a freelance translator for TransPerfect, Inc.
2. I submit this declaration to certify the accuracy of the English translation of JP4511444B2.
3. My statements are based on personal knowledge and my review of JP4511444B2 and its Japanese to English translation. If called as a witness about the facts contained in these statements, I could testify competently based on such personal knowledge and the investigation I have conducted.
4. Attached as Exhibit A is a true and accurate copy of JP4511444B2.
5. Attached as Exhibit B is a true and accurate copy of an English translation JP4511444B2.
6. JP4511444B2 Translation is a true and accurate translation of JP4511444B2 from Japanese to English.
7. All statements made herein of my own knowledge are true, and all statements made on information and belief are believed to be true. Further, I am aware that these statements are made with the knowledge that willful false statements and the like so made are punishable by fine or imprisonment, or both, under 18 U.S.C. § 1001. I declare under penalty of perjury that the foregoing is true and correct.
8. I also understand that by submitting this declaration I may be asked to appear for a deposition asking me questions limited to the material in my declaration. With my signature below, I agree to make reasonable efforts to make myself available for such a deposition at a reasonable place and time of my choosing.

* * *

I declare under penalty of perjury that the foregoing is true and correct to the best of my knowledge. Executed on December 20, 2024 at Woodland, California.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Herman Kahn', with a long horizontal flourish extending to the right.

HERMAN KAHN

Exhibit A

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4511444号

(P4511444)

(45) 発行日 平成22年7月28日(2010.7.28)

(24) 登録日 平成22年5月14日(2010.5.14)

(51) Int. Cl.

F 1

G06F 1/20 (2006.01)

G06F 1/00 360D

H05K 7/20 (2006.01)

G06F 1/00 360B

H05K 7/20 J

請求項の数 8 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2005-311777 (P2005-311777)
 (22) 出願日 平成17年10月26日(2005.10.26)
 (65) 公開番号 特開2007-122276 (P2007-122276A)
 (43) 公開日 平成19年5月17日(2007.5.17)
 審査請求日 平成18年12月21日(2006.12.21)

(73) 特許権者 505205731
 レノボ・シンガポール・プライベート・リ
 ミテッド
 シンガポール 556741、ニューテッ
 クパーク、#02-01、ローロンチュア
 ン 151
 (74) 代理人 100106699
 弁理士 渡部 弘道
 (74) 代理人 100077584
 弁理士 守谷 一雄
 (72) 発明者 中村 聡伸
 神奈川県大和市下鶴間1623番地14
 レノボ・ジャパン株式会社 製品開発研究
 所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子機器の筐体内部冷却システム、冷却方法、および電子機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電子機器の筐体内部を冷却するシステムであって、
 前記筐体内部の温度を測定する温度センサと、
 回転速度を段階的に変更して前記筐体内部の空気を筐体外部に排出する冷却ファンと、
 前記筐体内部の温度が第2の設定温度値まで下降したとき第2の回転速度で回転していた前記冷却ファンを前記第2の回転速度より遅い第1の回転速度で回転させる速度信号を生成し、前記第2の設定温度値より低い第1の設定温度値まで下降したとき前記冷却ファンを停止させる速度信号を生成し、前記筐体内部の温度が前記第1の設定温度値と前記第2の設定温度値との間に設定した所定の設定温度幅に入っているときに測定した経過時間に対応する前記筐体内部の温度に基づいて前記筐体内部の温度の下降速度が停滞していると判断したときに前記冷却ファンを前記第2の回転速度以上の回転速度で回転させて前記筐体内部の温度を低下させるコントローラと、

前記コントローラから受け取った速度信号に応答して前記冷却ファンに電源を供給する冷却ファン駆動回路と
 を有する冷却システム。

【請求項2】

前記所定の設定温度幅の上限値が前記第2の設定温度値未満で下限値が前記第1の設定温度値である請求項1記載の冷却システム。

【請求項3】

10

20

前記コントローラは、前記冷却ファンが停止しているときに前記筐体内部の温度が上昇して前記第1の設定温度値を超え前記第2の設定温度値未満の第3の設定温度値に到達したとき前記冷却ファンを前記第1の回転速度で回転させる速度信号を生成し、前記所定の設定温度幅の上限が前記第3の設定温度値で下限が前記第1の設定温度値である請求項1記載の冷却システム。

【請求項4】

前記コントローラは前記温度センサが測定した温度値を所定のタイミングで比較し、現在のサンプリング温度値と過去の複数のサンプリング温度値との差に基づいて前記筐体内部の温度の下降速度が停滞していると判断する請求項1記載の冷却システム。

【請求項5】

10

前記コントローラは前記温度センサが測定した温度値を所定のタイミングで抽出して過去のタイミングで抽出した温度値との差を計算し、前記温度値の差の変化量に基づいて前記筐体内部の温度の下降速度が停滞していると判断する請求項1記載の冷却システム。

【請求項6】

前記コントローラは前記筐体内部の温度が前記所定の設定温度幅の範囲に所定時間以上留まっている場合に前記筐体内部の温度の下降速度が停滞していると判断する請求項1記載の冷却システム。

【請求項7】

筐体と、
前記筐体に収納された電子部品と、
前記筐体の内部を冷却する冷却システムとを有し、
前記冷却システムが請求項1～請求項6のいずれかに記載された冷却システムである電子機器。

20

【請求項8】

電子機器に設けられた冷却システムが前記電子機器の筐体内部を冷却する方法であって、

回転速度を段階的に変更して前記筐体内部の空気を前記筐体の外部に排出する冷却ファンを提供するステップと、

第1の温度値と該第1の温度値より高い第2の温度値を設定するステップと、

前記冷却システムが前記筐体内部の温度を測定するステップと、

30

前記測定した温度が前記第2の温度値を超えると前記冷却ファンを第2の回転速度で回転させるステップと、

前記筐体内部の温度が前記第2の温度値まで下降したとき前記冷却ファンを前記第2の回転速度より遅い第1の回転速度で回転させ、前記筐体内部の温度が前記第1の温度値まで下降したとき前記冷却ファンを停止させるステップと、

前記筐体内部の温度が前記第1の温度値と前記第2の温度値との間に設定した所定の設定温度幅に入っているときに測定した経過時間に対応する前記筐体内部の温度に基づいて前記筐体内部の温度の下降速度が停滞していると判断したときに前記冷却ファンを前記第2の回転速度以上の回転速度で回転させて前記筐体内部の温度を低下させるステップとを有する方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電子機器の筐体内部から発生する熱を排出するための冷却ファンの制御方式に関し、特に当該ファンが発する騒音を低減するための制御方式に関する。

【背景技術】

【0002】

コンピュータ・システムなどのような電子機器は、筐体内部にCPUなどの各種LSIチップを搭載したボード（基板）、ハードディスクなどの記憶装置、電源装置、および入出力装置などのような電気部品を具備しており、それぞれの電気部品は動作に伴って発熱

50

する。これらの電気部品に対しては、良好な動作を保証するための一定の温度範囲が仕様で定められている。特にCPUは発熱量が多く、仕様から外れた温度範囲で継続的に使用すると重大な損傷を受けやすい。そのため電子機器には、筐体内部の温度を一定の温度範囲内に保つために、筐体内部に発生した熱を筐体外部へ排出する冷却ファンが設けられている。

【0003】

コンピュータ・システムにおいては、動作状態に応じて内部の電気部品から発生する熱量が変化する。たとえば、CPUはアプリケーション・ソフトの実行により高負荷の処理を行っている間は発熱量が多くなり、低負荷の処理を行っている間は発熱量が下がる。そのため、コンピュータ・システムには筐体内部の温度に応じて冷却ファンの回転速度を制御する機構が設けられている。速度制御機構は、一般に、筐体内部に設定した温度センサによって測定された温度があらかじめ設定された基準値に到達したら冷却ファンの回転速度を変化させるものである。

10

【0004】

コンピュータ・システムは、人間の生活環境やオフィス環境の中で広く使われるようになった結果、高性能化、小型軽量化、低コスト化などと並んで、騒音の軽減が重要な課題になっている。コンピュータ・システムから発生する騒音の多くを占めているのが、冷却ファンの回転によって発生する動作音である。特に、ノート型コンピュータはCPUのクロック周波数が高くなって発熱量が増大し、かつ、筐体内部の空間が狭いために冷却ファンに高い冷却能力が求められるようになった結果、冷却ファンの回転数が高くなって冷却ファンから発生する動作音も大きくなってきている。

20

【0005】

十分な冷却能力を保ちつつ、人間に不快感を与えないようにパーソナル・コンピュータの冷却ファンの回転を制御する技術が開示されている。たとえば特許文献1では、冷却対象物の温度の変動内容に応じて、人間の耳にとって不快ではない範囲で冷却ファンの回転数を制御する技術が開示されている。特許文献2では、冷却ファンの回転速度が急激に変化しないように制御し、動作音の変化を人間の耳に気づかれにくくする技術が開示されている。特許文献3では、ファジー理論によって冷却ファンの回転速度を制御する技術が開示されている。

30

【特許文献1】特開2002-268775号公報

【特許文献2】特開2004-265373号公報

【特許文献3】特開平6-42494号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

図11は、コンピュータにおける冷却ファンの回転速度の制御と筐体内部の温度の変化を示す図である。冷却ファンの回転速度の制御は、筐体内部に設置した温度センサによって測定された温度があらかじめ設定された温度値に到達したら冷却ファンの回転速度を変化させることによって行なう。たとえば図11で説明する冷却システムでは、高速、中速、低速の3段階に冷却ファンの回転速度を切り替えることができ、高速回転と中速回転との境界、中速回転と低速回転との境界、および低速回転と停止との境界に、合計3点の設定温度値505、507、509が設定されている。コンピュータを高負荷状態で動作させたのちに低負荷状態に移行させると、筐体内部の温度は点線で表したライン501に示すように変化する。高負荷状態で高速回転していた冷却ファンは、発熱量の低下に伴って筐体内部の温度が下がり設定温度値505、507を下回ってゆくと、中速回転を経て低速回転に状態が移行する。冷却ファンの回転速度が低くなると、筐体外部へ排出される熱の量が少なくなるため、温度の下がり方も緩やかになってゆく。そして、測定された温度が設定温度値509に到達したときに冷却ファンの回転は停止する。

40

【0007】

筐体内部で発生する熱量と外部に排出される熱量とがほぼ等しくなって筐体内部が熱平

50

衡に近い状態となると、筐体内部の温度は下がりにくくなり温度の降下速度が停滞する。降下速度が停滞するときの温度値は、発熱と冷却に関連するコンピュータの個体差、もしくは使用環境の違いなどにより変化する。低速回転から停止に移行する設定温度値509は、温度の降下速度に停滞が発生しないような値を実験で求めて設定しているが、個体差があり使用環境の異なるコンピュータすべてに対して停滞が発生しないようにすることはできない。設定温度値509を高めにして停滞を防ごうとすると筐体内部の温度が十分に下がらない内に冷却ファンが停止することになり、コンピュータのなかには、つぎに急激に負荷が増大したときに冷却能力の追従が遅れて筐体内部が危険温度に到達するものが出てくる。このため、実線で表したライン503に示すように、設定温度値509よりも高い温度値で停滞した状態になることがある。

10

【0008】

この冷却システムでは、設定温度値509よりも高い温度値で筐体内部の温度の降下速度が停滞した状態になると、冷却ファンが停止せずに回り続けることになる。この現象は、コンピュータを高負荷状態から一時的な待機状態に切り替えたときに発生しやすく、ユーザは作業が終了しても冷却ファンが回り続けるので冷却ファンの回転に伴う動作音を不快に感じてしまう。さらに、冷却ファンの回転によって電力が無駄に消費され続けるので好ましくない。

【0009】

そこで本発明の目的は、筐体内部の温度が低下しているときに電子機器の冷却ファンが回り続ける状態を防止する冷却システムを提供することにある。さらに本発明の目的は、筐体内部の温度が低速回転から停止に移行する設定温度値に到達する前に、温度の降下速度が停滞した状態を検出して冷却ファンの回転を停止させ、騒音によるユーザへの不快感と電力消費を抑えることのできる冷却システムを提供することにある。さらにまた本発明の目的はそのような冷却システムが実行する冷却方法およびそのような冷却システムを備えた電子機器を提供することにある。

20

【課題を解決するための手段】**【0010】**

筐体内部の温度の降下速度が停滞した状態になると、時間ごとの温度の変化が僅かなものになってくる。本発明では、筐体内部の温度が所定の設定温度幅に入っている間に、温度の降下速度が停滞していると判断したときは冷却ファンを停止させる。所定の設定温度幅は、筐体内部の温度が降下するときに冷却ファンを第2の回転速度から第1の回転速度に移行させる第2の設定温度値と、第1の回転速度から停止に移行させる第1の設定温度値の範囲以内で設定する。筐体内部の温度が所定の設定温度幅に入っているときは、冷却ファンを停止させる温度には到達していないことになるが、筐体内部は熱平衡に近い状態になっており、冷却ファンを停止させても筐体内部が危険温度になるおそれはない。

30

【0011】

筐体内部の温度は、筐体内部の空間に設置された温度センサ、CPUに埋め込まれた温度センサ、またはボードに取り付けられた温度センサなどにより測定される。所定の設定温度幅は、停滞状態を的確に判断し、かつ、危険温度に至らないように設定することが望ましい。設定温度幅は、上限値を第2の設定温度値未満とし、下限値を第1の温度設定値以上として第1の設定温度値側に設定することができる。

40

【0012】

筐体内部の温度が上昇しているときに、冷却ファンを停止から第1の回転速度に移行させる設定温度値と、温度が下降しているときに冷却ファンを第1の回転速度から停止に移行させる設定温度値は冷却ファンのチャタリング現象を防ぐために異なるものにするのが通常で、前者の方が後者より若干高い。所定の設定温度範囲の上限を、停止から第1の回転速度に移行させる設定温度値と等しく設定することによって、停滞状態の的確な判断と危険温度到達の回避をバランスよく実現することができる。

【0013】

筐体内部の温度の降下速度が停滞した状態を判断するには、いくつかの方法がある。た

50

例えば、現在のサンプリング温度値と過去の複数のサンプリング温度値との差に基づいて判断することができる。また、サンプリング周期ごとに測定した温度値の差を計算し、差の変化量に基づいて判断することもできる。さらに、筐体内部の温度が所定の設定温度幅の範囲内に所定の時間以上留まっている場合に停滞していると判断することもできる。

【0014】

また、冷却ファンを停止するためには、一時的に第1の設定温度値を測定された温度値よりも高い値に設定変更することもできる。この方法によれば、設定温度値に基づいて冷却ファンの回転速度を制御する制御回路に対する変更を最小にして、停滞状態に基づく停止動作をさせることができるという利点を得られる。

【0015】

10

筐体内部の温度の降下速度が停滞した状態にあると判断した場合に、すぐに冷却ファンの回転を停止しないで一時的に冷却ファンの回転速度を高くして、筐体内部の温度を第1の設定温度値にまで低下させてから停止することもできる。この場合、一時的にファンの回転速度が上昇して騒音が増大するが、その後冷却ファンが停止するとすれば、ユーザは冷却ファンが停止直前の状態に入ったと認識することができ、低速で冷却ファンの回転が継続するよりも感じる不快感は少ない。

【0016】

また本発明は、電子機器の筐体内部冷却システムとしてだけでなく、そのようなシステムを備えた電子機器、もしくは電子機器の筐体内部を冷却する方法としても捉えられる。

【発明の効果】

20

【0017】

本発明により、筐体内部の温度が低下しているときに電子機器の冷却ファンが回り続ける状態を防止する冷却システムを提供することができた。さらに本発明により、筐体内部の温度が低速回転から停止に移行する設定温度値に到達する前に、温度の降下速度が停滞した状態を検出して冷却ファンの回転を停止させ、騒音によるユーザへの不快感と電力消費とを抑えることのできる冷却システムを提供することができた。さらにまた本発明によりそのような冷却システムが実行する冷却方法およびそのような冷却システムを備えた電子機器を提供することができた。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

30

本発明を実施するための最良の形態について説明する。図1は、ノート型パーソナル・コンピュータ・システム10（以後、PCシステム10という。）の筐体12に、冷却ファン14を実装した状態を、拡大して示した図である。同図では、筐体12はPCシステム10の本体の下部を構成するものであり、ボード、ハードディスクなどの記憶装置、電源装置、入出力装置などの部品は取り付けられておらず、冷却ファン14だけが取り付けられた状態を示している。

【0019】

図2はPCシステム10のハードウェア構成を示す概略図である。PCシステム10の全体を制御するCPU22は、OSの制御下で各種プログラムを実行する。CPU22は、頻繁にアクセスするごく限られたコードやデータを一時格納することで、メインメモリ24への総アクセス時間を短縮するための高速動作メモリであるL2（レベル2）—キャッシュを含んで構成されている。CPU22は、自身の外部ピンに直結されたプロセッサ直結バスとしてのFS（FrontSide）バス26、高速のI/O装置用バスとしてのPCI（Peripheral Component Interconnect）バス28、および低速のI/O装置用バスとしてのISA（Industry Standard Architecture）バス30という3階層のバスを介して、後述の各ハードウェア構成要素と相互接続されている。

【0020】

FSバス26とPCIバス28は、一般にメモリ／PCI制御チップと呼ばれるCPUブリッジ（ホスト—PCIブリッジ）32によって連絡されている。本実施形態のCPUブリッジ32は、メインメモリ24へのアクセス動作を制御するためのメモリコントロー

50

ラ機能や、F S バス 2 6 と P C I バス 2 8 の間のデータ転送速度の差を吸収するためのデータバッファ等を含んだ構成となっている。

【0021】

メインメモリ 2 4 は、C P U 2 2 の実行プログラムの読み込み領域として、あるいは実行プログラムの処理データを書き込む作業領域として利用される書き込み可能メモリである。なお、ここでいう実行プログラムには、周辺機器類をハードウェア操作するための各種デバイス・ドライバ、特定業務に向けられたアプリケーション・プログラムや、B I O S フラッシュ R O M 5 2 に格納された B I O S 等のファームウェアが含まれる。

【0022】

ビデオ・サブシステム 3 4 は、ビデオに関連する機能を実現するためのサブシステムであり、C P U 2 2 からの描画命令を実際に処理した描画情報をビデオメモリ (V R A M) に一旦書き込むと共に、V R A M から描画情報を読み出してディスプレイ (図示せず) に描画データとして出力するビデオコントローラを含む。

10

【0023】

P C I バス 2 8 は、比較的高速なデータ伝送が可能なタイプのバスであり、カードバス・コントローラ 3 6、オーディオ・サブシステム 3 8、ネットワーク・アダプタ 4 0 などのような比較的高速で動作する P C I デバイス類がこれに接続される。カードバス・コントローラ 3 6 には、たとえば P C M C I A / J E I D A 仕様に準拠した P C カード型の周辺機器 (図示せず) が接続される。

【0024】

20

P C I バス 2 8 と I S A バス 3 0 は P C I - I S A ブリッジ 4 2 によって相互に接続されている。P C I - I S A ブリッジ 4 2 は、P C I バス 2 8 と I S A バス 3 0 とのブリッジ機能、D M A コントローラ機能、プログラマブル割り込みコントローラ (P I C) 機能、およびプログラマブル・インターバル・タイマ (P I T) 機能、I D E (Integrated Drive Electronics) インタフェース機能、U S B (Universal Serial Bus) 機能、S M B (System Management Bus) インタフェース機能を備えていると共に、リアルタイムクロック (R T C) を内蔵している。

【0025】

また、I D E インタフェース機能によって実現される I D E インタフェースには、I D E 仕様に準拠したハードディスク・ドライブ (H D D) 4 6 や、光学ドライブ (C D - R O M ドライブ、D V D ドライブなど) 4 4 が接続される。また、P C I - I S A ブリッジ 4 2 には U S B ポート 4 8 が設けられており、この U S B ポート 4 8 には、U S B コネクタを介して、U S B 対応の各種周辺機器 (図示せず) を接続することが可能である。

30

【0026】

I S A バス 3 0 は P C I バス 2 8 よりもデータ転送速度が低いバスであり、I / O コントローラ 5 0、E E P R O M 等から成る B I O S フラッシュ R O M 5 2、環境システム・コントローラ 5 6 に加え、キーボード / マウスコントローラ (いずれも図示せず) のような比較的低速で動作する周辺機器類を接続するのに用いられる。I / O コントローラ 5 0 は I / O ポート (図示せず) を介して、フロッピー (登録商標) ディスク・ドライブ (F D D、図示せず) の駆動、パラレル・ポートおよびシリアル・ポート (いずれも図示せず) を介した入出力を制御する。

40

【0027】

B I O S フラッシュ R O M 5 2 は、各種 B I O S のプログラムを保持するためのメモリであり、不揮発性で記憶内容を電氣的に書き替え可能となっている。環境システム・コントローラ 5 6 は、8 ~ 1 6 ビットのマイクロプロセッサの他に、R A M、R O M、アナログ入力、タイマ、デジタル入出力などを備えており、P C システム 1 0 の動作環境に関するプログラムを、C P U 2 2 に過大な負荷をかけずに実行することができる。環境システム・コントローラ 5 6 はまた冷却ファン 1 4 の回転速度を制御するための制御信号を冷却ファン駆動回路に送る。

【0028】

50

温度センサ 58 は筐体 12 の内部に複数個存在する。それらは CPU 22、ビデオ・サブシステム 34、ハードディスク・ドライブ 44、電源装置（図示せず）などのボードやそれらの周辺に取り付けられている。温度センサが取り付けられた部品を PC システム 10 に組み込めば、各々の温度センサ 58 と環境システム・コントローラ 56 とがバスを介して接続されるようになっている。本明細書においては、これらの各種温度センサが測定した温度を筐体内部の温度ということにする。

【0029】

冷却ファン駆動回路は、環境システム・コントローラ 56 から受け取った速度信号に対応する周波数の電圧を生成して冷却ファン 14 に供給し、冷却ファン 14 の速度を変更させたり停止させたりする。なお、図 2 は図面の錯綜を回避するため、主要なハードウェアの構成および接続関係を簡略化して表示したに過ぎないものである。PC システム 10 を構成するためには、これら以外にも多くの電気回路および装置が必要であるが、それらは当業者には周知であるので、本発明の要旨を構成する部分以外については詳しく言及しない。

【0030】

以上で述べた PC システム 10 のハードウェアの構成は、一般的な PC システムの構成と特に変わる所はない。また、冷却ファン 14 の形状や構造、および冷却ファン 14 の制御にかかる電気的な構成も、一般的にパーソナル・コンピュータの筐体 12 内部の排熱に使用されるものと特に変わる所はない。本発明にかかる冷却システムの主要な構成は、環境システム・コントローラ 56 内の ROM に格納され環境システム・コントローラ 56 のプロセッサが実行する温度制御プログラムにより実現される。また、本発明の実施に必要なハードウェア資源、たとえば冷却ファン 14、温度センサ 58、および冷却ファン駆動回路 60 などはほとんどの PC システムでは標準的に装備されているため、本発明の実施には特別なハードウェアやソフトウェアなどを追加する必要はなく、従来のシステムで使用されていた温度制御プログラムを変更するだけでよい。

【0031】

図 3 は、筐体内部の温度と冷却ファン 14 の動作との関係について示す図である。本実施の形態では、冷却ファン 14 が高速、中速、低速の 3 段階に回転速度を切り替えることができるように冷却ファン駆動回路 60 および環境システム・コントローラ 56 が構成されている。環境システム・コントローラにより実行される温度制御プログラムは、各々の温度センサ 58 に対して、冷却ファンの回転速度を切り替えるための設定温度値を含んでいる。設定温度値は、温度センサ 58 によって測定された温度が上昇傾向にある場合、停止から低速回転に移行させる設定温度値 T_{a3} 、低速回転から中速回転に移行させる設定温度値 T_{a2} 、および中速回転から高速回転に移行させる設定温度値 T_{a1} を含む。さらに設定温度値は、筐体内部の温度が下降傾向にある場合、高速回転から中速回転に移行させる設定温度値 T_{b1} 、中速回転から低速回転に移行させる設定温度値 T_{b2} 、および低速回転から停止に移行させる設定温度値 T_{b3} を含む。筐体内部の温度が設定温度値の近辺にあるときに、冷却ファン 14 の回転速度の切り替えが頻繁に発生するいわゆるチャタリング現象を防ぐために、通常、 T_{a1} と T_{b1} 、 T_{a2} と T_{b2} 、 T_{a3} と T_{b3} の間に差を設けており、各々前者の方が後者よりも数℃程度高く設定されている。

【0032】

今、本実施の形態にかかる PC システム 10 において、CPU 22 に大きな負荷がかかる処理が終わりアイドル状態に移行する場合を考える。CPU 22 は発熱量の多い状態から少ない状態へと移行するため、冷却ファン 14 は高速回転で動作し、筐体 12 内部の温度は設定温度値 T_{a1} よりも高い値から徐々に下がってゆく。最初は高速回転状態であった冷却ファン 14 は、筐体 12 内の温度が T_{b1} を下回ると中速回転に切り替わる。次いで筐体 12 内の温度が T_{b2} を下回ると、冷却ファン 14 は低速回転に切り替わる。冷却ファン 14 の回転速度が低速回転まで低くなると、筐体 12 の外部へ排出される熱の量が少なくなるため、温度の下がり方も緩やかになってゆく。このまま筐体 12 内部の温度が下がり続け、 T_{b3} を下回ると、冷却ファン 14 は停止する。筐体 12 内部の温度が T_{b3}

3より少し上の温度値で停滞すると、このまま冷却ファン14が停止せずに回り続ける。

【0033】

本発明は、筐体12内部の温度の降下速度が停滞している状態を適切に検出し、冷却ファン14を停止させる。筐体12内部の温度の降下速度が停滞している状態とは、より具体的にいうと、冷却ファン14が段階的に設定された回転速度のなかで最も低い回転速度である低速回転状態において、筐体12内部の温度が $Tb3$ より少し高く、かつ時間ごとの変化が僅かな状態である。この状態を検出する方法についてはいくつか考えられるが、ここでは3つの検出方法を説明する。

【0034】

筐体12内部の温度の降下速度が停滞している状態を検出する第1の検出方法について説明する。図4は、第1の検出方法の概念を示す。また図5は、第1の検出方法をフローチャートで書き表したものである。この検出方法では、一定のサンプリング周期 Δt ごとに筐体12内部の温度がサンプリングされ、環境システム・コントローラ56内のメモリに記憶されている(ステップ100, 102)。環境システム・コントローラ56は温度センサ58から受け取った温度信号に応じて速度信号または停止信号を生成し、冷却ファン駆動回路60に送って冷却ファン14の動作を制御する。現在時刻 t の温度値を T とする。

10

【0035】

フローチャートは冷却ファン14の現在の回転速度に応じて処理内容が分岐しており(ステップ104)、冷却ファン14が停止のときに $T \geq Ta3$ になった場合は、環境システム・コントローラ56は冷却ファン14を低速回転させる(ステップ106, 108)。冷却ファン14が低速回転のときに $T \geq Ta2$ になった場合は、温度が上昇傾向にあるため、環境システム・コントローラ56は冷却ファン14の回転速度を中速回転に上げる(ステップ110, 112)。冷却ファン14が中速回転のときに $T \geq Ta1$ になった場合は、温度がさらに上昇傾向にあるため、環境システム・コントローラ56は冷却ファン14の回転速度を高速回転に上げる(ステップ114, 116)。冷却ファン14が高速回転のときに $T \leq Tb1$ になった場合は、温度が下降傾向にあるため、環境システム・コントローラ56は冷却ファン14の回転速度を中速回転に下げる(ステップ118, 120)。冷却ファン14が中速回転のときに $T \leq Tb2$ になった場合は、温度が下降傾向にあるため、環境システム・コントローラ56は冷却ファン14の回転速度を低速回転に下げる(ステップ122, 124)。冷却ファン14が低速回転のときに、 $T \leq Tb3$ になった場合は、温度がさらに下降傾向にあるため、環境システム・コントローラ56は冷却ファン14を停止させる(ステップ126, 128)。

20

30

【0036】

第1の検出方法では、 $Tb3$ 付近に筐体12内の温度の降下速度が停滞していることを検出するための設定温度幅が設定されている。設定温度幅は、上限値 $Ts1$ を停止から低速回転に移行する設定温度値である設定温度値 $Ta3$ に等しく設定し、下限値 $Ts2$ を低速回転から停止に移行する設定温度値 $Tb3$ に設定している。いま、筐体12内部の温度が $Ts1$ と $Ts2$ の設定温度幅にあるときに、環境システム・コントローラ56はサンプリング周期 Δt で温度センサ58の信号を処理しているものとする。現在時刻 t のときの温度値が T で、それより過去のサンプル時刻 $t1$ 、 $t2$ 、 $t3$ 、および $t4$ のときの温度値がそれぞれ $T1$ 、 $T2$ 、 $T3$ 、 $T4$ であるものとする。

40

【0037】

温度値 $T1 \sim T4$ は、サンプリング時刻とともに環境システム・コントローラ56内のRAMに記憶されている。温度の降下速度が停滞すると、現在時刻の温度値 T と各サンプリング時刻の温度値との差が次第に小さくなる。たとえば、現在時刻 t と時刻 $t3$ の温度差($T3 - T$)は、現在時刻 t と時刻 $T4$ の温度差($T4 - T$)より小さくなる。本実施の形態では、現在時刻 t と1つ前のサンプリング時刻 $t1$ の温度差($T - T1$)が所定値以下のときに、温度の降下速度が停滞したと判断するように温度制御プログラムを構成することができる。あるいは、より確実に停滞状態を判断するために、温度制御プログラム

50

が現在時の温度値 T と過去 3 点の温度値 ($T_1 - T$ 、 $T_2 - T$ 、 $T_3 - T$) との差がいずれも所定値以下のときに降下速度が停滞したと判断するように構成することができる。環境システム・コントローラは、筐体 12 内部の温度の降下速度が停滞している状態を検出すると (ステップ 130)、冷却ファン 14 を停止させる (ステップ 128)。以後、このルーチンを繰り返す (ステップ 132)。本実施の形態においては、筐体 12 内部の降下中の温度が設定温度値 T_{b3} に到達する前に冷却ファン 14 を停止させているが、所定の設定温度幅の中で停滞状態を判断することにより、つづいて PC システム 10 に高負荷処理が発生しても危険温度に到達しないようになっている。

【0038】

つぎに、筐体 12 内部の温度の降下速度が停滞している状態を検出する第 2 の検出方法について説明する。図 6 は、第 2 の検出方法の概念を説明する図である。第 2 の検出方法では、第 1 の検出方法と同様に設定温度幅が T_{s1} と T_{s2} の範囲に設定されている。いま、筐体 12 内部の温度が T_{s1} と T_{s2} の設定温度幅にあるときに、 $\Delta T_1 = T - T_1$ 、 $\Delta T_2 = T_1 - T_2$ 、 $\Delta T_3 = T_2 - T_3$ とすると、温度の降下速度が停滞してくると、 ΔT_3 、 ΔT_2 、 ΔT_1 の順番に温度差が小さくなる。本実施の形態においては第 2 の検出方法として、サンプリング周期間の温度差の変化量が所定の値よりも小さくなったときに降下速度が停滞したと判断するように温度制御プログラムを構成する。環境システム・コントローラは筐体 12 内部の温度の降下が停滞している状態を検出し、冷却ファン 14 を停止させる停止信号を冷却ファン駆動回路 60 に送る。

【0039】

つづいて、筐体 12 内部の温度の降下速度が停滞している状態を検出する、第 3 の検出方法について説明する。図 7 は、第 3 の検出方法の概念を説明する図である。第 3 の検出方法では、第 1 および第 2 の検出方法と同様に設定温度幅が T_{s1} と T_{s2} の範囲に設定されている。いま、筐体 12 内部の温度が下降して T_{s1} を下回った時点をも $t = 0$ として時間の測定を開始する。温度 T が設定温度幅から一度でも外れたら、時間の測定を中止する。本実施の形態においては第 3 の検出方法として、時刻 t が $0 \leq t \leq$ 所定の時間の関係にある全ての時点で、温度 T が $T_{s1} \leq T \leq T_{s2}$ の設定温度幅内にあるときに降下速度が停滞したと判断するように温度制御プログラムを構成する。環境システム・コントローラは筐体 12 内部の温度の降下が停滞している状態を検出し、冷却ファン 14 を停止させる停止信号を冷却ファン駆動回路 60 に送る。

【0040】

以上で述べてきた検出方法に基づいて、筐体 12 内部の温度の降下が停滞している状態が検出された場合、冷却ファン 14 の停止処理が行われる。停止処理の方法についても、いくつか考えられるが、ここでは 2 つの方法を説明する。第 1 の停止処理方法では、停滞状態を検出したらすぐに冷却ファン 14 の回転を停止する。第 1 ～ 第 3 の検出方法では $T_{s1} = T_{a3}$ であるので、冷却ファン 14 の回転を停止する時点の筐体 12 内部の温度は設定温度値 T_{a3} 以下の温度となる。設定温度値 T_{a3} は、冷却ファン 14 が停止している状態のときに筐体 12 の内部温度が上昇して低速回転に移行するときの温度値である。いいかえると設定温度値 T_{a3} は、筐体 12 の内部温度が上昇傾向にあるときに冷却ファン 14 が停止した状態を維持する上限温度という意味をもっている。したがって、筐体 12 の内部温度が設定温度値 T_{a3} 以下のときに冷却ファン 14 を停止しても、PC システム 10 に熱による問題が発生することはない。また、PC システム 10 の使用が再開されて筐体 12 内部の温度が再び上昇に転じた場合は、設定温度値 T_{a3} で冷却ファン 14 の回転を開始して筐体 12 内部の温度の上昇に追従できる。図 8 は、第 1 の停止処理方法における筐体 12 内部の温度の変化の実測例である。本発明を適用しない場合と適用した場合とを比較すると、冷却ファン 14 の回転を停止するまでに要する時間を約 700 秒短縮することができた。

【0041】

図 9 は、第 2 の停止処理方法における筐体 12 内部の温度値の変化を示す図である。第 2 の停止処理方法では、筐体 12 内部の温度の降下が停滞している状態が検出された時点

304から、一時的に冷却ファン14の回転速度を高くする。これによって筐体12内部の温度変化は、そのまま低速回転を続けた場合の温度変化を点線で表したライン302と比べて、実線で表したライン300で示すように一時的に急速に低下する。そして、筐体12内部の温度がTb3に到達した時点306で冷却ファンの回転を停止する。また図10は、第2の停止処理方法における停止処理の動作をフローチャートで書き表したものである。筐体12内部の温度の降下が停滞している状態が検出された場合、冷却ファン14の回転速度を一時的に高速回転または中速回転まで高め（ステップ400）、筐体12外部へ排出する熱量を増大させている。そして、筐体12内部の温度を冷却ファン14の回転が本来停止すべき温度Tb3に到達させることにより（ステップ402、404）、冷却ファン14の回転を停止させている（ステップ406）。これによって、PCシステム10に筐体12内部の温度に起因する問題が発生する可能性をさらに小さくできる。この停止処理方法によれば、冷却ファン14の回転速度が上昇して一時的に騒音が増大するが、その後すぐに、数秒程度で冷却ファン14が停止するので、ユーザはこの動作は冷却ファン14が停止するための動作であると認識することができる。したがって、低速で冷却ファン14の回転が継続するよりも不快感を軽減できる。

10

【0042】

なお、冷却ファン14の回転を停止させる方法としては、冷却ファン駆動回路60に直接回転停止の制御信号を送るほかに、設定温度値Tb3の値を一時的に現時点の温度T以上に上げることによって停止させる方法もある。冷却ファン14の回転が停止したら、設定温度値Tb3の値を元に戻すことで通常状態に復帰させる。この方法には、冷却ファン駆動回路60に対する変更を最小に抑えて停止の操作が可能であるという利点がある。

20

【0043】

ここまで述べてきた実施例には、様々なバリエーションが考えられる。たとえば、前記の第1の検出方法では現時点より4段階前までの温度を比較しているが、この段階数は何段階であってもよい。第2の検出方法では現時点と現時点より3段階前までの温度の変化量を比較しているが、この段階数は2段階以上であれば何段階であってもよい。また、冷却ファン14の回転速度は、2段階以上であれば何段階であってもよい。さらに、温度センサ58は筐体12内部に複数個配置されているが、その中から複数個選択された温度センサ58によって測定された温度全てにおいて降下速度が停滞した状態が検出されたときに、冷却ファン14の回転を停止することもできる。その際、各々の温度センサ58ごとに違った設定温度値とすることができる。これによって、筐体12内部の場所ごとの温度のバラツキの影響を少なくして、温度の降下速度が停滞した状態をよりの確に検出できる。

30

【0044】

これまで本発明について図面に示した特定の実施の形態をもって説明してきたが、本発明は図面に示した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の効果を奏する限り、これまで知られたいかなる構成であっても採用することができることはいうまでもないことである。

【産業上の利用可能性】

【0045】

コンピュータ装置に限らず、冷却ファンによって筐体内部からの排熱を行っている電子機器に広く適用可能である。

40

【図面の簡単な説明】

【0046】

【図1】ノート型PCの筐体に本発明に基づいた冷却ファンを実装した状態を拡大して示した図である。

【図2】実施例に係る筐体内部冷却システムを備えたPCのハードウェア構成を示す概略図である。

【図3】温度に応じた冷却ファンの動作について示す図である。

【図4】第1の検出方法の概念を示す図である。

50

【図５】第１の検出方法のフローチャートである。

【図６】第２の検出方法の概念を示す図である。

【図７】第３の検出方法の概念を示す図である。

【図８】第１の停止処理方法における筐体内部の温度値の変化の実測例である。

【図９】第２の停止処理方法における筐体内部の温度値の変化を示す図である。

【図１０】第２の停止処理方法における停止処理のフローチャートである。

【図１１】従来技術の冷却ファンの回転数の制御と筐体内部の温度値の変化について示す図である。

【符号の説明】

【００４７】

１０ ＰＣシステム

１２ 筐体

１４ 冷却ファン

２２ ＣＰＵ

２４ メインメモリ

２６ ＦＳバス

２８ ＰＣＩバス

３０ ＩＳＡバス

３２ ＣＰＵブリッジ

３４ ビデオ・サブシステム

３６ カードバス・コントローラ

３８ オーディオ・サブシステム

４０ ネットワーク・アダプタ

４２ ＰＣＩ－ＩＳＡブリッジ

４４ ハードディスク・ドライブ

４６ 光学ドライブ

４８ ＵＳＢポート

５０ Ｉ／Ｏコントローラ

５２ ＢＩＯＳフラッシュＲＯＭ

５６ 環境システム・コントローラ

５８ 温度センサ

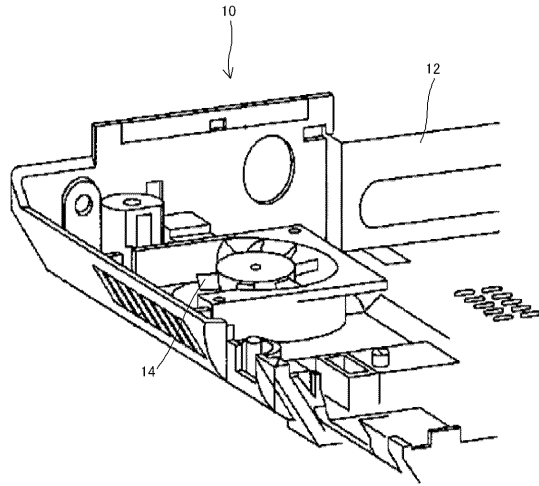
６０ 冷却ファン駆動回路

10

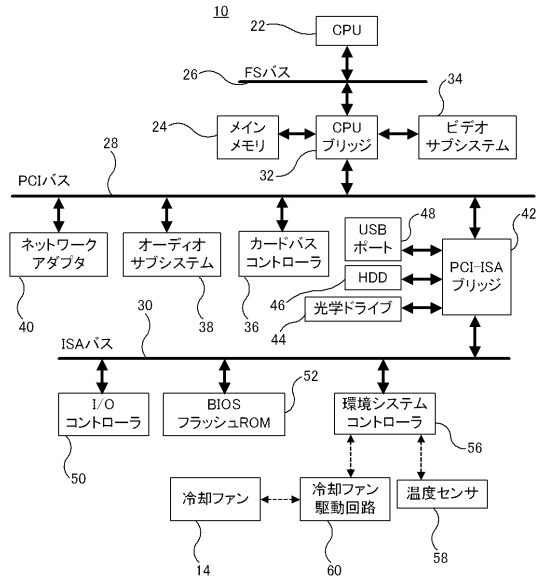
20

30

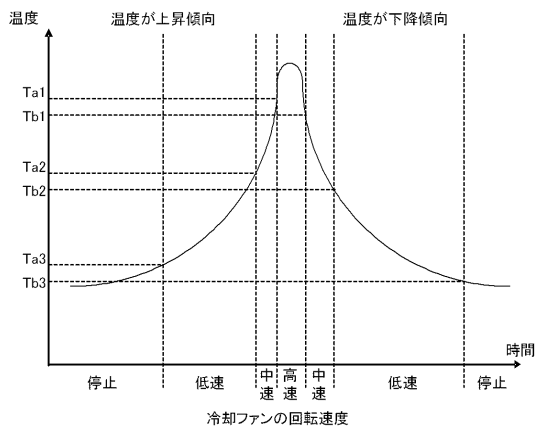
【図 1】



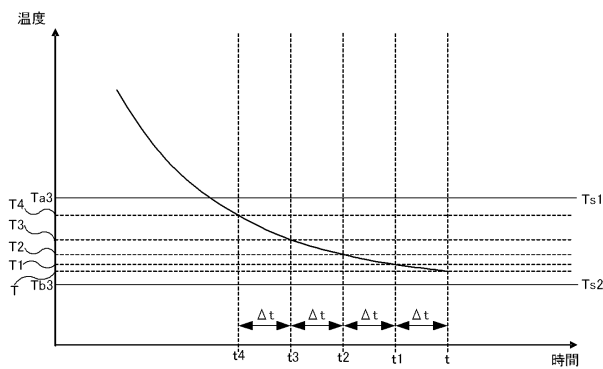
【図 2】



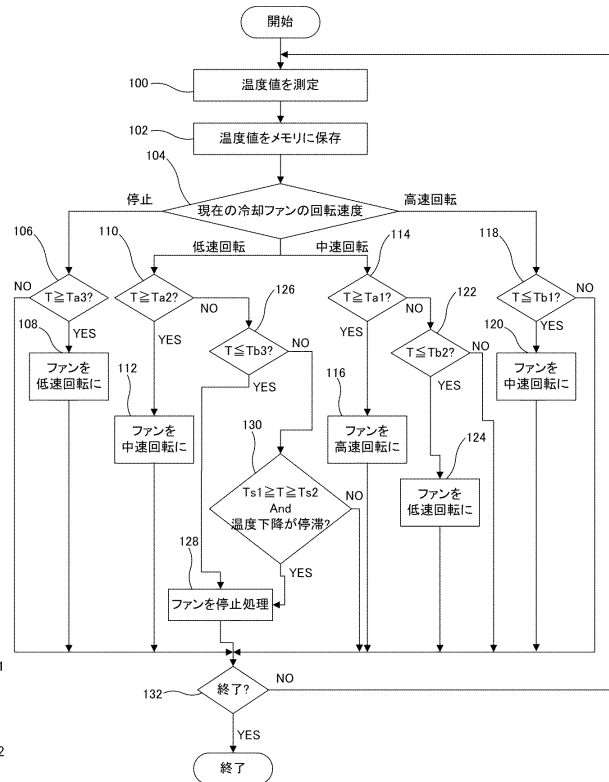
【図 3】



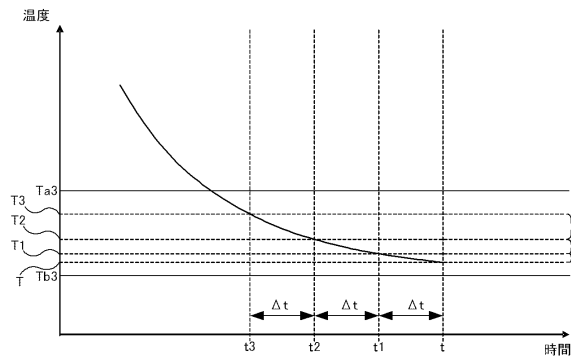
【図 4】



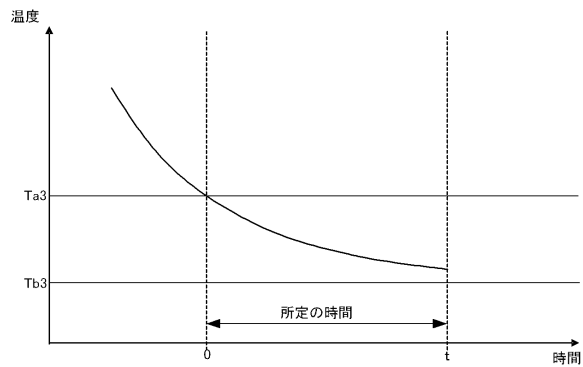
【図 5】



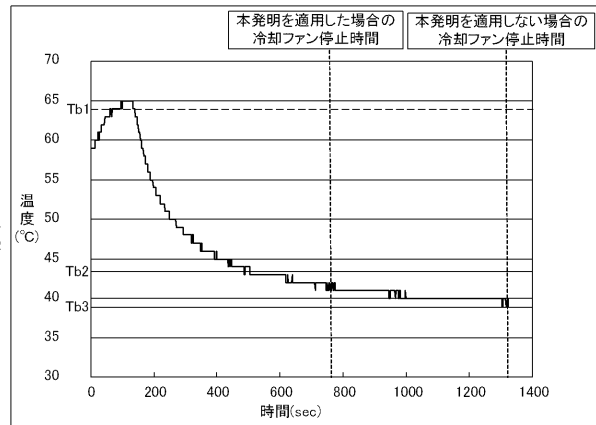
【図 6】



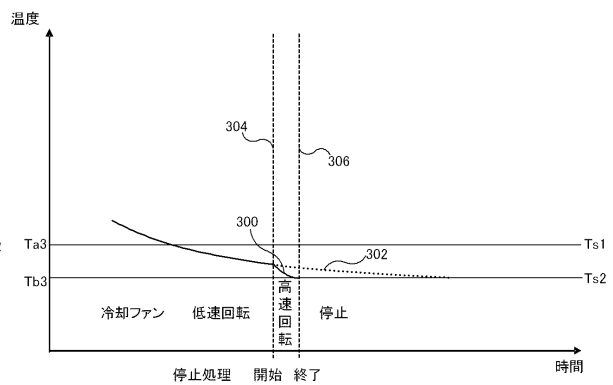
【図 7】



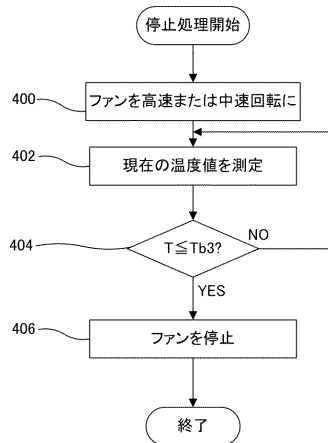
【図 8】



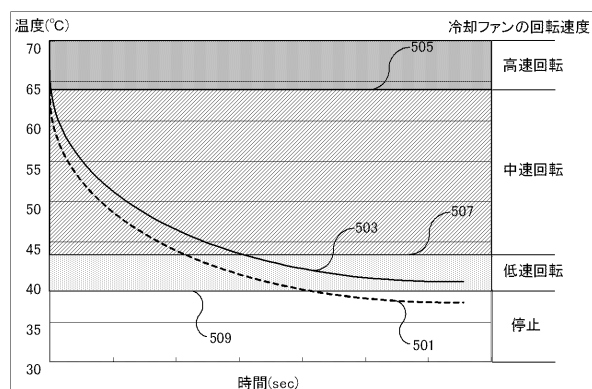
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

- (72)発明者 宮下 敦
神奈川県大和市下鶴間1623番地14 レノボ・ジャパン株式会社 製品開発研究所内
- (72)発明者 伊藤 貴志子
神奈川県大和市下鶴間1623番地14 レノボ・ジャパン株式会社 製品開発研究所内
- (72)発明者 青木 敬明
神奈川県大和市下鶴間1623番地14 レノボ・ジャパン株式会社 製品開発研究所内
- (72)発明者 内田 宏幸
神奈川県大和市下鶴間1623番地14 レノボ・ジャパン株式会社 製品開発研究所内

審査官 小林 正明

- (56)参考文献 特開2002-268775 (JP, A)
特開昭62-213628 (JP, A)
特開平11-251776 (JP, A)
特開平07-175530 (JP, A)
特開2001-224199 (JP, A)
特開2002-163042 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|------|
| G06F | 1/20 |
| H05K | 7/20 |

Exhibit B

(19) Japan Patent Office (JP)

(12) **Patent Gazette(B2)**

(11) Patent Number

Japanese Patent No. 4511444
(P4511444)

(45) Publication date: **July 28, 2010 (2010.7.28)**

(24) Registration date: May 14, 2010 (2010.5.14)

(51) Int.Cl.

F1

G06F

1/20

(2006.01)

H05K

7/20

(2006.01)

G06F

1/00

360 D

G06F

1/00

360 B

H05K

7/20

J

Number of claims: 8 (Total of 14 pages)

(21) Application number	Japanese Patent Application 2005-311777 (P2005-311777)	(73) Patentee	505205731 Lenovo Singapore Pte Ltd 151 Lorong Chuan, #02-01, New Tech Park, Singapore, 556741
(22) Filing date	October 26, 2005 (2005.10.26)	(74) Agent	100106699 Patent attorney WATANABE Hiromichi
(65) Unexamined patent application publication number	Japanese Unexamined Patent Application Publication 2007-122276 (P2007-122276A)	(74) Agent	100077584 Patent attorney MORIYA Kazuo
(43) Unexamined patent application publication date	May 17, 2007 (2007.5.17)	(72) Inventor	NAKAMURA Fusanobu c/o Lenovo Japan KK Product Development Laboratory, 1623-14, Shimotsuruma, Yamato-shi, Kanagawa-ken
Examination request date	December 21, 2006 (2006.12.21)		

Continued on last page

(54) [Title of the invention] Electronic device enclosure interior cooling system, cooling method and electronic device

(57) [Scope of patent claims]
[Claim 1]

A system for cooling the interior of an electronic device enclosure, the system comprising:
a temperature sensor that measures the interior temperature of the enclosure;
a cooling fan that changes its rotational speed in stepwise fashion and evacuates air from the interior of the enclosure to the exterior of the enclosure; a controller that generates a speed signal which causes the cooling fan, which had been rotating at a second rotational speed, to rotate at a first rotational speed slower than the second rotational speed when the interior temperature of the enclosure has decreased to a second set temperature value, and that generates a speed signal which stops the cooling fan when the temperature has decreased to a first set temperature value lower than the second set temperature value, and that, upon determining that the rate of decrease of the interior temperature of the enclosure has stagnated on the basis of the interior temperature of the enclosure corresponding to an elapsed time measured when the interior temperature of the enclosure is within a predetermined set temperature range that is set between the first set temperature value and the second set temperature value, causes the cooling fan to rotate at a rotational speed equal to or higher than the second rotational speed to lower the temperature of the interior of the enclosure; and
a cooling fan drive circuit that supplies power to the cooling fan in response to the speed signal received from the controller.

[Claim 2]

The cooling system according to claim 1, wherein the upper limit value of the predetermined set temperature range is less than the second set temperature value, and the lower limit value is the first set temperature value.

[Claim 3]

The cooling system according to claim 1, wherein the controller generates a speed signal which causes the cooling fan to rotate at the first rotational speed when the interior temperature of the enclosure has increased and exceeded the first set temperature value and has reached a third set temperature value less than the second set temperature value while the cooling fan is stopped, wherein the upper limit of the predetermined set temperature range is the third set temperature value and the lower limit is the first set temperature value.

[Claim 4]

The cooling system according to claim 1, wherein the controller compares, at a predetermined timing, temperature values measured by the temperature sensor, and determines the rate of decrease of the interior temperature of the enclosure to be stagnated on the basis of the difference between the current sampling temperature value and multiple past sampling temperature values.

[Claim 5]

The cooling system according to claim 1, wherein the controller extracts, at a predetermined timing, temperature values measured by the temperature sensor, calculates the difference to temperature values extracted at an earlier timing, and determines the rate of decrease of the interior temperature of the enclosure to be stagnated on the basis of the amount of change in difference between the temperature values.

[Claim 6]

The cooling system according to claim 1, wherein the controller determines the rate of decrease of the interior temperature of the enclosure to be stagnated if the interior temperature of the enclosure has remained within the predetermined set temperature range for at least a predetermined period of time.

[Claim 7]

An electronic device comprising:

an enclosure;

electronic components housed in the enclosure; and

a cooling system which cools the interior of the enclosure;

wherein the cooling system is a cooling system according to any one of claims 1 to 6.

[Claim 8]

A method of cooling the interior of an enclosure of an electronic device with a cooling system provided to the electronic device, the method comprising:

a step of providing a cooling fan that changes its rotational speed in stepwise fashion and evacuates air from the interior of the enclosure to the exterior of the enclosure;

a step of setting a first temperature value and a second temperature value higher than the first temperature value;

a step in which the cooling system measures the interior temperature of the enclosure;

a step of causing the cooling fan to rotate at a second rotational speed when the measured temperature exceeds the second temperature value;

a step of causing the cooling fan to rotate at a first rotational speed slower than the second rotational speed when the interior temperature of the enclosure has decreased to the second temperature value and stopping the cooling fan when the interior temperature of the enclosure has decreased to the first temperature value; and

a step in which, upon determining that the rate of decrease of the interior temperature of the enclosure has stagnated on the basis of the interior temperature of the enclosure corresponding to an elapsed time measured when the interior temperature of the enclosure is within a predetermined set temperature range that is set between the first temperature value and the second temperature value, the cooling fan is caused to rotate at a rotational speed equal to or higher than the second rotational speed to lower the interior temperature of the enclosure.

[Detailed description of the invention]

[Technical field]

[0001]

The present invention relates to a control scheme for a cooling fan for evacuating generated heat from the interior of an electronic device enclosure, particularly to a control scheme for reducing the noise generated by such a fan.

[Background art]

[0002]

Electronic devices such as computer systems comprise electrical components inside an enclosure, including boards (substrates) on which various LSI chips such as CPUs are mounted, storage devices such as hard disks, power supply units, and input/output devices, where the respective electrical components generate heat during

operation. The specifications for these electrical components define certain temperature ranges to guarantee proper operation. CPUs in particular generate a large amount of heat and are susceptible to serious damage if used continuously outside their specified temperature range. Therefore, electronic devices are provided with cooling fans to evacuate heat generated in the interior of the enclosure to the exterior of the enclosure in order to maintain the interior temperature of the enclosure within a certain temperature range.

[0003]

In computer systems, the amount of heat generated by internal electrical components varies depending on the operational state. For example, in the case of a CPU, heat generation increases during high-load processing when executing application software, while during low-load processing, heat generation decreases. Therefore, computer systems are provided with mechanisms to control cooling fan rotational speed according to the interior temperature of the enclosure. The speed control mechanism generally changes the cooling fan rotational speed when the temperature measured by temperature sensors installed in the interior of the enclosure reaches preset reference values.

[0004]

As computer systems have become widely used in human living environments and office environments, noise reduction has become an important issue alongside performance improvement, size and weight reduction, and cost reduction. The majority of noise generated by computer systems comes from the operating sound of rotating cooling fans. In particular, notebook computers have seen increased heat generation due to higher CPU clock frequencies, and because of the limited interior space of the enclosure, cooling fans require higher cooling capacity, resulting in higher rotational speeds and consequently louder operating sound.

[0005]

Techniques have been disclosed for controlling personal computer cooling fan rotation while maintaining sufficient cooling capacity without causing discomfort to humans. For example, patent document 1 discloses a technique for controlling cooling fan rotational speed to within a range that is not unpleasant to human ears, based on temperature variation patterns of the object of cooling. Patent document 2 discloses a technique for controlling cooling fan rotational speed to prevent sudden changes, making operating sound changes less noticeable to human ears. Patent document 3 discloses a technique for controlling cooling fan rotational speed using fuzzy logic.

[Patent document 1] Japanese Unexamined Patent Application Publication 2002-268775

[Patent document 2] Japanese Unexamined Patent Application Publication 2004-265373

[Patent document 3] Japanese Unexamined Patent Application Publication H6-42494

[Disclosure of the invention]

[Problem to be solved by the invention]

[0006]

FIG. 11 shows cooling fan rotational speed control and change in interior temperature of the enclosure of a computer. Cooling fan rotational speed control is carried out by changing the cooling fan rotational speed when the temperature measured by a temperature sensor installed in the interior of the enclosure reaches a preset temperature value. For example, in the cooling system described in FIG. 11, the cooling fan rotational speed can be switched between three levels - high speed, medium speed, and low speed, with a total of three set temperature values 505, 507, and 509 being set at the boundary between high speed rotation and medium speed rotation, at the boundary between medium speed rotation and low speed rotation, and at the boundary between low speed rotation and stop. When a computer transitions to a low-load state after being operated in a high-load state, the interior temperature of the enclosure changes as shown by line 501, represented by a dotted line. As the interior temperature of the enclosure drops below the set temperature values 505 and 507 due to decreased heat generation, the state of the cooling fan, which had been rotating at high speed in a high-load state, transitions through medium speed rotation to low speed rotation. As the rotational speed of the cooling fan decreases, less heat is evacuated to the exterior of the enclosure, causing the temperature drop to become more gradual. The rotation of the cooling fan stops when the measured temperature reaches the set temperature value 509.

[0007]

When the amount of heat generated in the interior of the enclosure becomes nearly equal to the amount of heat evacuated to the exterior and the interior of the enclosure approaches thermal equilibrium, the interior temperature of the enclosure can no longer decrease readily and so the rate of temperature decrease stagnates. The temperature value at which the rate of decrease stagnates varies depending on individual differences among computers related to heat generation and cooling, differences in usage environment, and the like. The

set temperature value 509 for transitioning from low speed rotation to stop is set by experimentally determining a value that will prevent stagnation of the rate of temperature decrease, but due to individual differences, this does not allow stalling to be prevented for all computers in different usage environments. If the set temperature value 509 is made higher to prevent stagnation, the cooling fan will stop before the interior temperature of the enclosure sufficiently decreases, and in some computers, when the load then sharply increases, the cooling capacity tracking response may be too slow, causing the interior of the enclosure to reach a dangerous temperature. As a result, as shown by line 503, represented as a solid line, the temperature value may become stagnated at a value higher than the set temperature value 509.

[0008]

In this cooling system, if the rate of decrease of the interior temperature of the enclosure becomes stagnated at a temperature value higher than the set temperature value 509, the cooling fan continues to rotate without stopping. This phenomenon is likely to occur when switching a computer from a high-load state to a temporary standby state, and since the cooling fan continues to rotate even after their work is finished, users find the operating sound that accompanies the rotation of the cooling fan unpleasant. Furthermore, power continues to be wastefully consumed by the rotation of the cooling fan, which is undesirable.

[0009]

Therefore, it is an object of the present invention to provide a cooling system that prevents situations where the electronic device cooling fan continues to rotate when the interior temperature of the enclosure has been decreased. It is another object of the present invention to provide a cooling system that can detect the state where the rate of temperature decrease has stagnated before the interior temperature of the enclosure reaches the set temperature value for transitioning from low speed rotation to stop, and can stop the rotation of the cooling fan, reducing both user discomfort from noise and power consumption. It is yet another object of the present invention to provide a cooling method executed by such a cooling system and an electronic device provided with such a cooling system.

[Means for solving the problem]

[0010]

When the rate of decrease of the interior temperature of the enclosure enters a stagnated state, the temperature change over time becomes minimal. In the present invention, when it is determined that the rate of temperature decrease has stagnated while the interior temperature of the enclosure is within a predetermined set temperature range, the cooling fan is stopped. The predetermined set temperature range is set within the range between a second set temperature value at which the cooling fan transitions from a second rotational speed to a first rotational speed, and a first set temperature value at which the cooling fan transitions from the first rotational speed to stop, while the interior temperature of the enclosure is decreasing. When the interior temperature of the enclosure is within the predetermined set temperature range, it means the temperature at which the cooling fan should be stopped has not been reached yet, but the interior of the enclosure is approaching thermal equilibrium, and so there is no risk of the interior of the enclosure reaching a dangerous temperature even if the cooling fan is stopped.

[0011]

The interior temperature of the enclosure is measured by means of a temperature sensor installed in the interior space of the enclosure, a temperature sensor embedded in the CPU, a temperature sensor attached to the board, etc. The predetermined set temperature range should be set to accurately determine the stagnation state while preventing dangerous temperature from being reached. The set temperature range can be set on the first set temperature value side, with an upper limit value less than the second set temperature value and a lower limit value equal to or greater than the first temperature setting value.

[0012]

The set temperature value for transitioning the cooling fan from stop to the first rotational speed when the interior temperature of the enclosure is increasing, and the set temperature value for transitioning from the first rotational speed to stop when the temperature is decreasing are normally made different to prevent the phenomenon of cooling fan chattering, with the former being slightly higher than the latter. By setting the upper limit of the predetermined set temperature range equal to the set temperature value for transitioning from stop to first rotational speed, accurate determination of stagnation state and avoidance of reaching dangerous temperatures can be achieved in a balanced manner.

[0013]

There are several methods for determining a state where the rate of decrease of the interior temperature of the enclosure has stagnated. For example, this can be determined on the basis of the difference between the

current sampling temperature value and multiple past sampling temperature values. This can also be determined based on amount of change in difference, by calculating the difference between temperature values measured at each sampling cycle. Furthermore, stagnation can be determined to be present if the interior temperature of the enclosure remains within the predetermined set temperature range for a predetermined period of time or longer.

[0014]

Additionally, to stop the cooling fan, the first set temperature value can be temporarily changed to a value higher than the measured temperature value. This method has the advantage of enabling stagnation-based stopping operation while minimizing changes to the control circuit that controls cooling fan rotational speed based on set temperature values.

[0015]

When it is determined that the rate of decrease of the interior temperature of the enclosure has stagnated, instead of immediately stopping rotation of the cooling fan, the rotational speed of the cooling fan can also be temporarily increased to lower the interior temperature of the enclosure to the first set temperature value before stopping. In this case, although noise temporarily increases due to the increased fan rotational speed, since the cooling fan will subsequently stop, users can recognize that the cooling fan has entered its pre-stop state, and this causes less discomfort than continuous low-speed fan rotation.

[0016]

Furthermore, the present invention can be understood not only as an electronic device enclosure interior cooling system, but also as an electronic device equipped with such a system, or as a method for cooling the interior of an electronic device enclosure.

[Effects of the invention]

[0017]

The present invention makes it possible to provide a cooling system that prevents situations where an electronic device cooling fan continues to rotate when the interior temperature of the enclosure has been lowered. Furthermore, the present invention makes it possible to provide a cooling system that can detect a state where the rate of temperature decrease has stagnated before the interior temperature of the enclosure reaches the set temperature value for transitioning from low speed rotation to stop, and can stop the rotation of the cooling fan, reducing both user discomfort from noise and power consumption. Moreover, the present invention makes it possible to provide a cooling method executed by such a cooling system and an electronic device provided with such a cooling system.

[Best mode for carrying out the invention]

[0018]

A best mode for carrying out the present invention will be described. FIG. 1 is an enlarged view showing a cooling fan 14 installed in an enclosure 12 of a notebook personal computer system 10 (hereinafter referred to as PC system 10). In this drawing, the enclosure 12 constitutes the lower part of the main body of the PC system 10 in this drawing, which shows a state where only the cooling fan 14 has been installed, without components such as boards, storage devices such as hard disks, power supply units, and input/output devices being installed.

[0019]

FIG. 2 is a schematic diagram showing the hardware configuration of the PC system 10. The CPU 22, which controls the entire PC system 10, executes various programs under OS control. The CPU 22 is configured to include an L2 (Level 2) cache, which is a high-speed operating memory for reducing total access time to the main memory 24 by temporarily storing very limited portions of code and data that are accessed frequently. The CPU 22 is interconnected with each hardware component, described later, via three hierarchical buses: an FS (FrontSide) bus 26 as a processor-direct bus directly connected to the external pins of the CPU, a PCI (Peripheral Component Interconnect) bus 28 as a bus for high-speed I/O devices, and an ISA (Industry Standard Architecture) bus 30 as a bus for low-speed I/O devices.

[0020]

The FS bus 26 and PCI bus 28 are connected by means of a CPU bridge (host-PCI bridge) 32, generally called a memory/PCI control chip. The CPU bridge 32 in the present embodiment is configured to include memory controller functions for controlling access operations to main memory 24, data buffers for accommodating the difference in data transfer rates between the FS bus 26 and the PCI bus 28, etc.

[0021]

The main memory 24 is a writable memory used as a loading area for programs executed by the CPU 22 and as a work area for writing processed data of executed programs. It should be noted that the executed programs mentioned here include various device drivers for hardware operation of peripheral devices, application programs directed at specific tasks, and firmware such as BIOS, stored in BIOS flash ROM 52.

[0022]

The video subsystem 34 is a subsystem that realizes video-related functions, and includes a video controller that first writes drawing information, obtained by actually processing drawing commands from the CPU 22, to video memory (VRAM), and also reads drawing information from VRAM and output it as drawing data to a display (not illustrated).

10

[0023]

The PCI bus 28 is a type of bus capable of relatively high-speed data transfer, and PCI devices that operate at a relatively high speed, such as a card bus controller 36, audio subsystem 38, and network adapter 40, are connected to this bus. The card bus controller 36 allows connection of, for example, PC card type peripheral devices (not illustrated) that comply with PCMCIA/JEIDA specifications.

[0024]

The PCI bus 28 and ISA bus 30 are connected to each other by a PCI-ISA bridge 42. The PCI-ISA bridge 42 includes a bridge function between PCI bus 28 and ISA bus 30, a DMA controller function, a programmable interrupt controller (PIC) function, a programmable interval timer (PIT) function, an IDE (Integrated Drive Electronics) interface function, a USB (Universal Serial Bus) function, and an SMB (System Management Bus) interface function, and incorporates a real-time clock (RTC).

20

[0025]

Additionally, an IDE specification compliant hard disk drive (HDD) 46 and optical drive (CD-ROM drive, DVD drive, etc.) 44 are connected to the IDE interface implemented by the IDE interface function. Furthermore, the PCI-ISA bridge 42 is equipped with a USB port 48, and various USB-compatible peripheral devices (not illustrated) can be connected to this USB port 48 via USB connectors.

[0026]

The ISA bus 30 is a bus with lower data transfer speed than the PCI bus 28, and is used to connect peripheral devices that operate at a relatively low speed, such as an I/O controller 50, a BIOS flash ROM 52 consisting of EEPROM, etc., an environment system controller 56, as well as a keyboard/mouse controller (not illustrated). The I/O controller 50, via I/O ports (not illustrated), controls the driving of a floppy (registered trademark) disk drive (FDD, not illustrated) and input/output via a parallel port and serial port (both not illustrated).

30

[0027]

The BIOS flash ROM 52 is a memory for holding various BIOS programs, and is non-volatile with electrically rewritable memory content. The environment system controller 56 includes an 8-16 bit microprocessor along with RAM, ROM, analog input, timer, digital input/output, etc., and can execute programs related to the operating environment of the PC system 10 without placing excessive load on the CPU 22. The environment system controller 56 also sends control signals for controlling the rotational speed of the cooling fan 14 to the cooling fan drive circuit.

[0028]

40

Multiple temperature sensors 58 are present in the interior of the enclosure 12. These are mounted on the boards of, or in the vicinity of, the CPU 22, video subsystem 34, hard disk drive 44, power supply unit (not illustrated), etc. When components on which temperature sensors have been mounted are incorporated into the PC system 10, each temperature sensor 58 is connected to the environment system controller 56 via a bus. In the present specification, the temperatures measured by these various temperature sensors will be referred to as the interior temperature of the enclosure.

[0029]

The cooling fan drive circuit generates and supplies voltage at a frequency corresponding to the speed signal received from the environment system controller 56 to the cooling fan 14, changing the speed of or stopping the cooling fan 14. It should be noted that FIG. 2 merely shows a simplified representation of the main hardware configuration and connection relationships to avoid complication of the drawing. Many other electrical circuits and devices are necessary to configure the PC system 10, but since these are well known to those skilled in the art, detailed mention will not be made of parts other than those constituting the essence of the present invention.

[0030]

The hardware configuration of the PC system 10 described above does not particularly differ from that of a general PC system. Furthermore, the shape and structure of the cooling fan 14 and the electrical configuration related to the control of the cooling fan 14 do not particularly differ from those generally used for heat evacuation from the interior of an enclosure 12 of a personal computer. The main components of the cooling system according to the present invention are implemented by means of a temperature control program stored in the ROM of the environment system controller 56 and executed by the processor of the environment system controller 56. Additionally, since the hardware resources necessary for implementing the present invention, such as the cooling fan 14, temperature sensor 58, and cooling fan drive circuit 60, are standardly equipped in most PC systems, no special hardware or software needs to be added for implementation of the present invention, and only the temperature control program used in conventional systems needs to be modified.

[0031]

FIG. 3 shows the relationship between the interior temperature of the enclosure and the operation of the cooling fan 14. In the present embodiment, the cooling fan drive circuit 60 and the environment system controller 56 are configured so that the cooling fan 14 can switch between three levels of rotational speed: high speed, medium speed, and low speed. The temperature control program executed by the environment system controller includes set temperature values for switching the rotational speed of the cooling fan for each temperature sensor 58. When the temperature measured by the temperature sensor 58 has an increasing trend, the set temperature values include set temperature value Ta3 for transitioning from stop to low speed rotation, set temperature value Ta2 for transitioning from low speed rotation to medium speed rotation, and set temperature value Ta1 for transitioning from medium speed rotation to high speed rotation. When the interior temperature of the enclosure has a decreasing trend, the set temperature values include set temperature value Tb1 for transitioning from high speed rotation to medium speed rotation, set temperature value Tb2 for transitioning from medium speed rotation to low speed rotation, and set temperature value Tb3 for transitioning from low speed rotation to stop. To prevent the so-called chattering phenomenon where switching of the rotational speed of the cooling fan 14 occurs frequently when the interior temperature of the enclosure is in the vicinity of a set temperature value, differences are normally provided between Ta1 and Tb1, Ta2 and Tb2, and Ta3 and Tb3, with the former being set several degrees Celsius higher than the latter in each case.

[0032]

Now, a case will be considered with the PC system 10 according to the present embodiment where processing that places a large load on the CPU 22 terminates and the CPU transitions to an idle state. Since the CPU 22 transitions from a state of high heat generation to a state of low heat generation, the cooling fan 14 operates at high speed rotation, and the interior temperature of the enclosure 12 gradually decreases from a value higher than set temperature value Ta1. The cooling fan 14, which was initially in a high speed rotation state, switches to medium speed rotation when the temperature inside the enclosure 12 falls below Tb1. Then, when the temperature inside the enclosure 12 falls below Tb2, the cooling fan 14 switches to low speed rotation. When the rotational speed of the cooling fan 14 decreases to low speed rotation, since the amount of heat evacuated to the exterior of the enclosure 12 decreases, the rate of temperature decrease also becomes more gradual. If the interior temperature of the enclosure 12 continues to decrease in the same manner and falls below Tb3, the cooling fan 14 will stop. If the interior temperature of the enclosure 12 stagnates at a temperature value slightly above Tb3, the cooling fan 14 will continue to rotate without stopping.

[0033]

In the present invention, the state where the rate of decrease of the interior temperature of the enclosure 12 has stagnated is appropriately detected, and the cooling fan 14 is stopped. More specifically, a state where the rate of decrease of the interior temperature of the enclosure 12 has stagnated refers to a state where, when the cooling fan 14 is in a low speed rotation state, which is the lowest rotational speed among the rotational speeds set in stepwise fashion, the interior temperature of the enclosure 12 is slightly higher than T_{b3} , and the change over time is minimal. There are several methods conceivable for detecting this state, and three detection methods will be described here.

[0034]

The first detection method for detecting a state where the rate of decrease of the interior temperature of the enclosure 12 has stagnated will be described. FIG. 4 illustrates the concept of the first detection method. FIG. 5 represents the first detection method as a flowchart. In this detection method, the interior temperature of the enclosure 12 is sampled at fixed sampling intervals Δt and stored in the memory inside the environment system controller 56 (steps 100, 102). The environment system controller 56 generates speed signals or stop signals according to temperature signals received from the temperature sensor 58, and sends them to the cooling fan drive circuit 60 to control the operation of the cooling fan 14. Let T be the temperature value at current time t .

[0035]

In the flowchart, the processing branches according to the current rotational speed of the cooling fan 14 (step 104), and when the cooling fan 14 is stopped and $T \geq T_{a3}$, the environment system controller 56 causes the cooling fan 14 to rotate at low speed (steps 106, 108). When the cooling fan 14 is at low speed rotation and $T \geq T_{a2}$, since the temperature has an increasing trend, the environment system controller 56 increases the rotational speed of the cooling fan 14 to medium speed rotation (steps 110, 112). When the cooling fan 14 is at medium speed rotation and $T \geq T_{a1}$, since the temperature has a further increasing trend, the environment system controller 56 increases the rotational speed of the cooling fan 14 to high speed rotation (steps 114, 116). When the cooling fan 14 is at high speed rotation and $T \leq T_{b1}$, since the temperature has a decreasing trend, the environment system controller 56 decreases the rotational speed of the cooling fan 14 to medium speed rotation (steps 118, 120). When the cooling fan 14 is at medium speed rotation and $T \leq T_{b2}$, since the temperature has a decreasing trend, the environment system controller 56 decreases the rotational speed of the cooling fan 14 to low speed rotation (steps 122, 124). When the cooling fan 14 is at low speed rotation and $T \leq T_{b3}$, since the temperature has a further decreasing trend, the environment system controller 56 stops the cooling fan 14 (steps 126, 128).

[0036]

In the first detection method, a set temperature range is set for detecting stagnation in the rate of decrease of the temperature inside the enclosure 12 near T_{b3} . The set temperature range is set with an upper limit value T_{s1} equal to set temperature value T_{a3} , which is the set temperature value for transitioning from stop to low speed rotation, and with a lower limit value T_{s2} set to set temperature value T_{b3} , which is for transitioning from low speed rotation to stop. Now, when the interior temperature of the enclosure 12 is within the set temperature range between T_{s1} and T_{s2} , the environment system controller 56 processes signals from the temperature sensor 58 at a sampling interval Δt . Let the temperature value at current time t be T , and the temperature values at past sampling times t_1 , t_2 , t_3 , and t_4 be T_1 , T_2 , T_3 , and T_4 respectively.

[0037]

The temperature values T_1 to T_4 are stored in the RAM of the environment system controller 56 along with their sampling times. When the rate of temperature decrease stagnates, the difference between the current temperature value T and the temperature values at each sampling time gradually becomes smaller. For example, the temperature difference ($T_3 - T$) between current time t and time t_3 becomes smaller than the temperature difference ($T_4 - T$) between current time t and time T_4 . In the present embodiment, the temperature control program can be configured to determine that the rate of temperature decrease has stagnated when the temperature difference ($T - T_1$) between current time t and the previous sampling time t_1 is at or below a predetermined value. Alternatively, to more reliably determine the stagnation state, the temperature control program can be configured to determine that the rate of decrease has stagnated when the differences between the current temperature value T and three past temperature values ($T_1 - T$, $T_2 - T$, $T_3 - T$) are all at or below a

predetermined value. When the environment system controller detects a state where the rate of decrease of the interior temperature of the enclosure 12 has stagnated (step 130), it stops the cooling fan 14 (step 128). This routine is then repeated (step 132). In the present embodiment, the cooling fan 14 is stopped before the decreasing temperature of the interior of the enclosure 12 reaches set temperature value Tb3, but by determining a stagnation state within a predetermined set temperature range, the system is designed to prevent reaching dangerous temperatures even if high-load processing subsequently occurs in the PC system 10.

[0038]

Next, a second detection method for detecting a state where the rate of decrease of the interior temperature of the enclosure 12 has stagnated will be described. FIG. 6 is a diagram describing the concept of the second detection method. In the second detection method, as in the first detection method, the set temperature range is set within the range between Ts1 and Ts2. Now, when the interior temperature of the enclosure 12 is within the set temperature range between Ts1 and Ts2, assuming $\Delta T1 = T - T1$, $\Delta T2 = T1 - T2$, $\Delta T3 = T2 - T3$, as the rate of temperature decrease stagnates, the temperature differences become smaller in the order $\Delta T3$, $\Delta T2$, $\Delta T1$. In the present embodiment, for the second detection method, the temperature control program is configured to determine that the rate of decrease has stagnated when the change in temperature difference between sampling intervals becomes smaller than a predetermined value. The environment system controller detects a state where the decrease in interior temperature of the enclosure 12 has stagnated and sends a stop signal to cooling fan drive circuit 60 to stop the cooling fan 14.

[0039]

Next, a third detection method for detecting a state where the rate of decrease of the interior temperature of the enclosure 12 has stagnated will be described. FIG. 7 is a diagram describing the concept of the third detection method. In the third detection method, as in the first and second detection methods, the set temperature range is set within the range between Ts1 and Ts2. Now, time measurement starts at $t=0$ at the time point the interior temperature of the enclosure 12 decreases and falls below Ts1. Time measurement is stopped if temperature T deviates from the set temperature range even once. In the present embodiment, as the third detection method, the temperature control program is configured to determine that the rate of decrease has stagnated when temperature T is within the set temperature range $Ts1 \leq T \leq Ts2$ at all time points where time t satisfies the relationship $0 \leq t \leq \text{predetermined time period}$. The environment system controller detects a state where the decrease in interior temperature of the enclosure 12 has stagnated and sends a stop signal to cooling fan drive circuit 60 to stop the cooling fan 14.

[0040]

When a state where the decrease in the interior temperature of the enclosure 12 has stagnated is detected based on the detection methods described above, stop processing of the cooling fan 14 is performed. There are several conceivable methods for stop processing, and two methods will be described here. In the first stop processing method, rotation of the cooling fan 14 is stopped immediately upon detecting the stagnation state. Since $Ts1 = Ta3$ in the first through third detection methods, the interior temperature of the enclosure 12 at the time point when rotation of the cooling fan 14 is stopped becomes a temperature below set temperature value Ta3. Set temperature value Ta3 is the temperature value at which transition to low speed rotation occurs when the interior temperature of the enclosure 12 increases while the cooling fan 14 is in a stopped state. In other words, set temperature value Ta3 has the meaning of being the upper limit temperature for maintaining the stopped state of the cooling fan 14 when the interior temperature of the enclosure 12 has an increasing trend. Therefore, no heat-related problems occur in the PC system 10 even if the cooling fan 14 is stopped when the interior temperature of the enclosure 12 is below the set temperature value Ta3. Furthermore, if the PC system 10 is used again and the interior temperature of the enclosure 12 begins to increase again, rotation of the cooling fan 14 starts at set temperature value Ta3, allowing it to track the increase in interior temperature of the enclosure 12. FIG. 8 shows actual measurement examples of change in the interior temperature of the enclosure 12 in the first stop processing method. Comparing cases with and without application of the present invention, the time required until stopping of the rotation of the cooling fan 14 has been shortened by approximately 700 seconds.

[0041]

FIG. 9 is a diagram showing changes in interior temperature values of the enclosure 12 in the second stop processing method. In the second stop processing method, the rotational speed of the cooling fan 14 is

temporarily increased from time point 304 when stagnation was detected in the decrease of interior temperature of the enclosure 12. As a result, the change of the interior temperature of the enclosure 12 temporarily decreased rapidly as shown by line 300, represented as a solid line, as compared to line 302, represented as a dotted line, indicating what the temperature change would be if low speed rotation had been continued. Then, rotation of the cooling fan is stopped at time point 306, when the interior temperature of the enclosure 12 reaches Tb3. FIG. 10 is a flowchart depicting the operation of stop processing in the second stop processing method. When a state of stagnated decrease in the interior temperature of the enclosure 12 is detected, the rotational speed of the cooling fan 14 is temporarily increased to high speed rotation or medium speed rotation (step 400), increasing the amount of heat evacuated to the exterior of the enclosure 12. Then, the interior temperature of the enclosure 12 is brought to Tb3, the temperature at which rotation of the cooling fan 14 should originally stop (steps 402, 404), thereby stopping the rotation of the cooling fan 14 (step 406). This makes it possible to further reduce the possibility of problems occurring in the PC system 10 due to the interior temperature of the enclosure 12. With this stop processing method, although noise temporarily increases when the rotational speed of the cooling fan 14 rises, users can recognize this as an operation for stopping the cooling fan 14 since the cooling fan 14 stops immediately thereafter, within several seconds. Therefore, this reduces discomfort compared to continued low-speed rotation of the cooling fan 14.

[0042]

It should be noted that, as a method for stopping the rotation of the cooling fan 14, besides sending a rotation stop control signal directly to the cooling fan drive circuit 60, there is also a method of stopping by temporarily raising the set temperature value Tb3 to a value equal to or higher than the current temperature T. After rotation of the cooling fan 14 stops, the normal state is restored by returning the set temperature value Tb3 to its original value. This method has the advantage of enabling stopping operation while minimizing changes to the cooling fan drive circuit 60.

[0043]

Different variations can be considered for the embodiments described thus far. For example, in the first detection method described above, temperatures were compared for up to 4 steps prior to the current time point, but this number of steps can be any number. In the second detection method, the amount of temperature change was compared between the current time point and up to 3 steps prior to the current time point, but this number of steps can be any number as long as it is 2 steps or more. Additionally, the rotational speed of cooling fan 14 can have any number of levels so long as there are 2 or more levels. Furthermore, given that multiple temperature sensors 58 are installed in the interior of the enclosure 12, the rotation of the cooling fan 14 can be stopped when a state where the rate of decrease has stagnated has been detected for all temperatures measured by multiple temperature sensors 58 selected from among the installed sensors. In this case, different set temperature values can be used for each temperature sensor 58. This makes it possible to reduce the influence of temperature variations at different locations in the interior of the enclosure 12 and to more accurately detect a state where the rate of temperature decrease has stagnated.

[0044]

While the present invention has been described using specific embodiments shown in the drawings, it goes without saying that the invention is not limited to the embodiments shown in the drawings and any previously known configuration can be adopted as long as the effect of the present invention is achieved.

[Industrial applicability]

[0045]

The invention is not limited to computer devices and is broadly applicable to electronic devices in which heat evacuation is performed from the interior of the enclosure by means of a cooling fan.

[Brief description of the drawings]

[0046]

[FIG. 1] is an enlarged view illustrating a state where a cooling fan based on the present invention has been mounted in a notebook PC enclosure.

[FIG. 2] is a schematic diagram showing the hardware configuration of a PC equipped with an enclosure interior cooling system according to an embodiment.

[FIG. 3] is a diagram illustrating cooling fan operation in response to temperature.

[FIG. 4] is a diagram illustrating the concept of a first detection method.

[FIG. 5] is a flowchart of the first detection method.

[FIG. 6] is a diagram illustrating the concept of a second detection method.

[FIG. 7] is a diagram illustrating the concept of a third detection method.

[FIG. 8] is actual measurement examples of change in interior temperature values of an enclosure in a first stop processing method.

[FIG. 9] is a diagram illustrating change in interior temperature values of an enclosure in a second stop processing method.

[FIG. 10] is a flowchart of the stop processing in the second stop processing method.

[FIG. 11] is a diagram illustrating cooling fan rotational speed control and change in interior temperature values of an enclosure according to the prior art.

10

[Description of reference symbols]

[0047]

10 PC system

12 Enclosure

14 Cooling fan

22 CPU

24 Main memory

26 FS bus

28 PCI bus

30 ISA bus

20

32 CPU bridge

34 Video subsystem

36 Card bus controller

38 Audio subsystem

40 Network adapter

42 PCI-ISA bridge

44 Hard disk drive

46 Optical drive

48 USB port

50 I/O controller

30

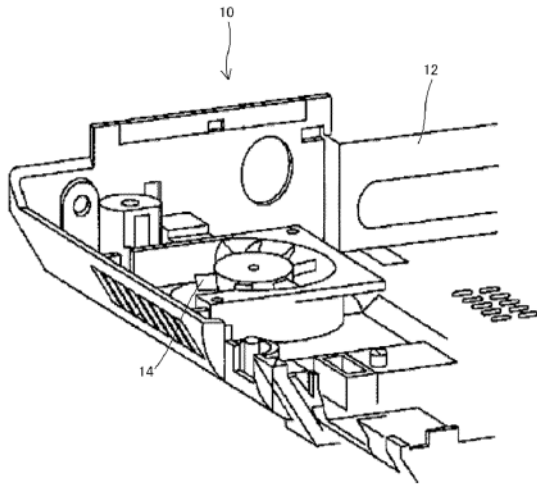
52 BIOS flash ROM

56 Environment system controller

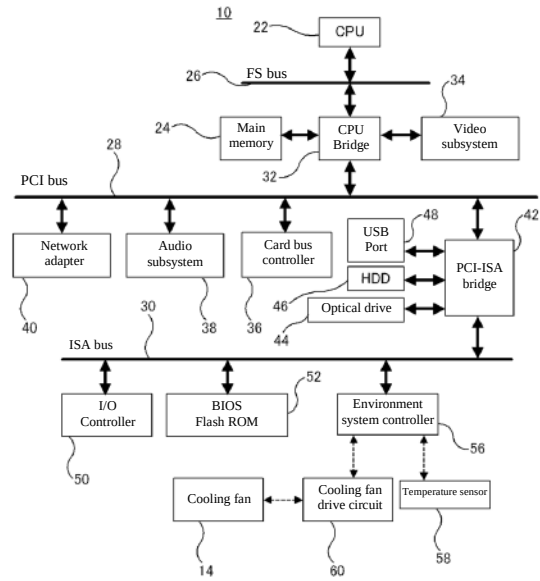
58 Temperature sensor

60 Cooling fan drive circuit

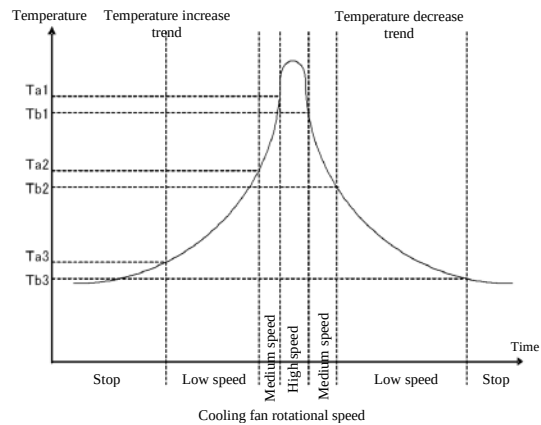
[FIG. 1]



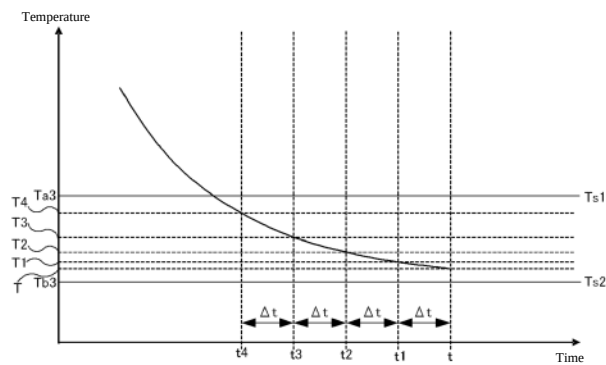
[FIG. 2]



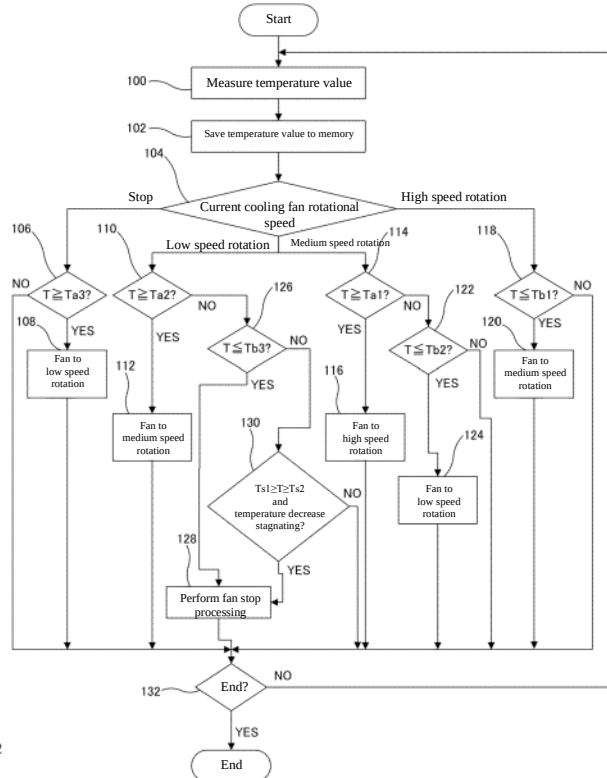
[FIG. 3]



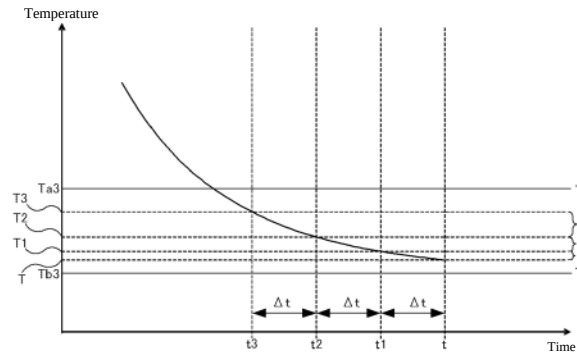
[FIG. 4]



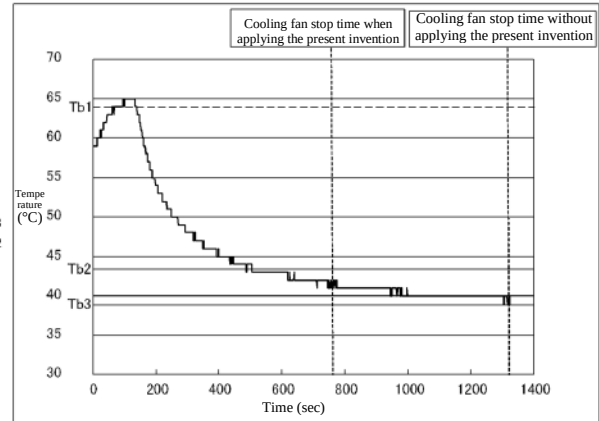
[FIG. 5]



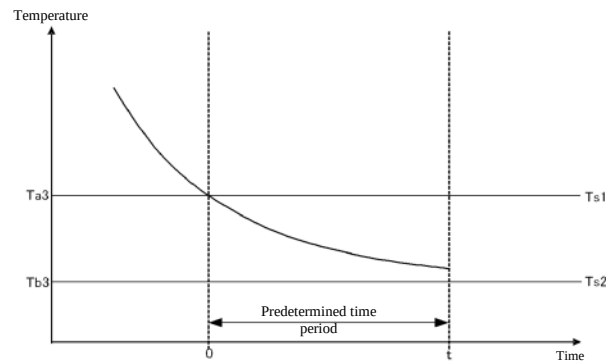
[FIG. 6]



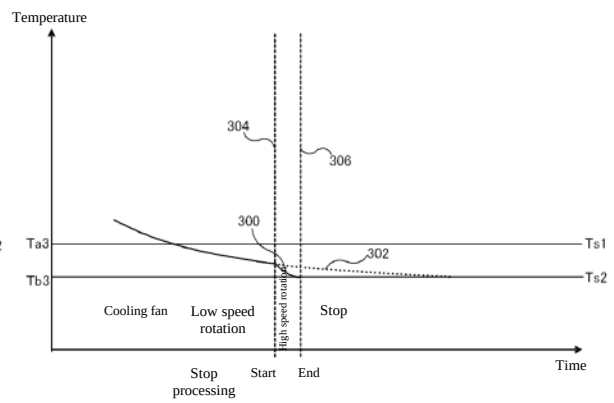
[FIG. 8]



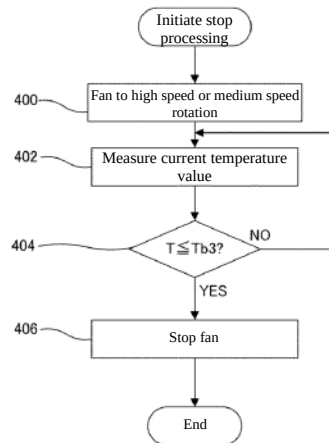
[FIG. 7]



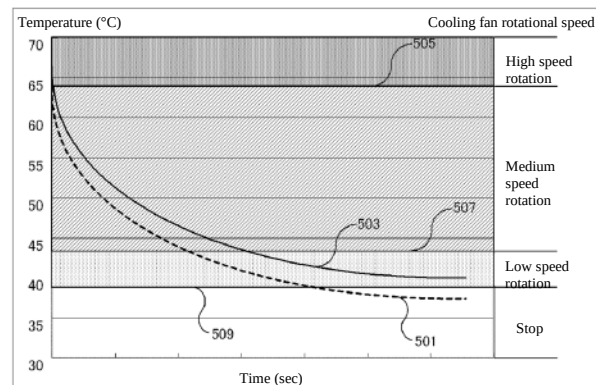
[FIG. 9]



[FIG. 10]



[FIG. 11]



Continuation of front page

(72) Inventor MIYASHITA Atsushi
Lenovo Japan KK Product Development Laboratory, 1623-14 Shimotsuruma, Yamato-shi,
Kanagawa

(72) Inventor ITO Kishiko
Lenovo Japan KK Product Development Laboratory, 1623-14 Shimotsuruma, Yamato-shi,
Kanagawa

(72) Inventor AOKI Takaaki
Lenovo Japan KK Product Development Laboratory, 1623-14 Shimotsuruma, Yamato-shi,
Kanagawa

(72) Inventor UCHIDA Hiroyuki
Lenovo Japan KK Product Development Laboratory, 1623-14 Shimotsuruma, Yamato-shi,
Kanagawa

Examiner KOBAYASHI Masaaki

(56) References Japanese Unexamined Patent Application Publication 2002-268775 (JP, A)
Japanese Unexamined Patent Application Publication S62-213628 (JP, A)
Japanese Unexamined Patent Application Publication H11-251776 (JP, A)
Japanese Unexamined Patent Application Publication H07-175530 (JP, A)
Japanese Unexamined Patent Application Publication 2001-224199 (JP, A)
Japanese Unexamined Patent Application Publication 2002-163042 (JP, A)

(58) Field searched (Int.Cl., DB name)

G06F	1/20
H05K	7/20