

**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 WO2010050080A1.
3. My statements are based on personal knowledge and my review of WO2010050080A1 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 WO2010050080A1.
5. Attached as Exhibit B is a true and accurate copy of an English translation WO2010050080A1.
6. WO2010050080A1 Translation is a true and accurate translation of WO2010050080A1 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 18, 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

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(10) 国際公開番号

WO 2010/050080 A1

PCT

(43) 国際公開日  
2010年5月6日(06.05.2010)

- (51) 国際特許分類:  
G06F 1/28 (2006.01) G06F 1/26 (2006.01)  
G06F 1/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/000806
- (22) 国際出願日: 2009年2月24日(24.02.2009)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2008-280698 2008年10月31日(31.10.2008) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社日立製作所(HITACHI, LTD.) [JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 志賀 陽子(SHIGA, Yoko) [JP/JP]; 〒2150013 神奈川県川崎市麻生区王禅寺1099番地 株式会社日立製作所 システム開発研究所内 Kanagawa (JP). 加藤

猛(KATO, Takeshi) [JP/JP]; 〒1858601 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内 Tokyo (JP). 高本 良史(TAKAMOTO, Yoshifumi) [JP/JP]; 〒2448555 神奈川県横浜市戸塚区戸塚町5030番地 株式会社日立製作所 ソフトウェア事業部内 Kanagawa (JP). 林 真一(HAYASHI, Sinichi) [JP/JP]; 〒2150013 神奈川県川崎市麻生区王禅寺1099番地 株式会社日立製作所 システム開発研究所内 Kanagawa (JP).

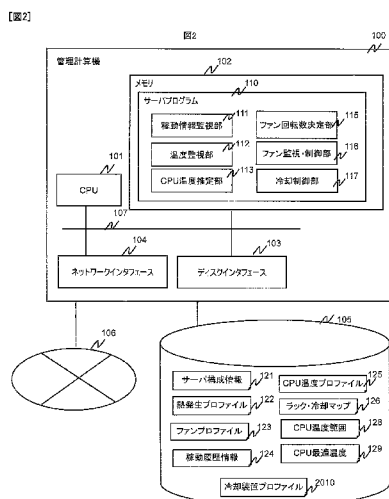
(74) 代理人: 特許業務法人ウィルフォート国際特許事務所(WILLFORT INTERNATIONAL); 〒1010044 東京都千代田区鍛冶町2丁目3番2号 神田センタービルディング5階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT,

[続葉有]

(54) Title: PHYSICAL COMPUTER, METHOD FOR CONTROLLING COOLING DEVICE, AND SERVER SYSTEM

(54) 発明の名称: 物理計算機及び冷却装置の制御方法及びサーバシステム



100 MANAGEMENT COMPUTER  
102 MEMORY  
110 SERVER PROGRAM  
111 OPERATION INFORMATION MONITORING BLOCK  
112 TEMPERATURE MONITORING BLOCK  
113 CPU TEMPERATURE ESTIMATING BLOCK  
115 FAN ROTATIONAL SPEED DETERMINING BLOCK  
116 FAN MONITORING/CONTROLLING BLOCK  
117 COOLING CONTROL BLOCK  
104 NETWORK INTERFACE  
103 DISK INTERFACE  
121 SERVER CONFIGURATION INFORMATION  
122 HEAT PRODUCTION PROFILE  
123 FAN PROFILE  
124 OPERATION HISTORY INFORMATION  
125 CPU TEMPERATURE PROFILE  
126 RACK/COOLING MAP  
128 CPU TEMPERATURE RANGE  
129 CPU OPTIMUM TEMPERATURE  
2010 COOLING DEVICE PROFILE

(57) Abstract: Cooling control for reducing the overall power consumption of a system is determined. A method for controlling a management computer connected to a server device having a processor and a fan and a cooling device is characterized in that the temperature and operating rate of the processor, the rotational speed of the fan, and the temperature of the air sent into the server are acquired from the server, the temperature of the processor after a predetermined time elapse is estimated by calculation on the basis of the temperature and operating rate of the processor, the rotational speed of the fan, and the temperature of the sent air, the target rotational speed of the fan at which the estimated temperature after the time elapse is below a first predetermined value is determined if the estimated temperature is above the first predetermined value, and the server device is instructed to change the rotational speed to the target one.

(57) 要約: システム全体の消費電力をより小さくするための冷却制御を決定する。プロセッサとファンを有するサーバ装置と冷却装置とに接続する管理計算機の制御方法であって、前記サーバから前記プロセッサの温度及び稼働率と前記ファンの回転数と前記サーバへの入気温度を取得し、前記プロセッサの前記温度及び前記稼働率と、前記ファンの前記回転数と、前記入気温度とから、予め定められた期間を経過した後の前記プロセッサの推定温度を算出し、前記推定温度が第1の所定値以上である場合に、前記期間を経過した後の前記推定温度が前記所定値以下となる前記ファンの目標回転数を決定し、前記目標回転数とするように前記サーバ装置に指示する、ことを特徴とする制御方法である。



LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

### 物理計算機及び冷却装置の制御方法及びサーバシステム

#### 技術分野

- [0001] 本発明は、物理計算機及び冷却装置の制御方法に関し、特にCPUの稼働率に応じた物理計算機のファン及び冷却装置の出力の制御方法に関する。

#### 背景技術

- [0002] プロセッサの高性能化、ブレードサーバのような高密度なIT(Information Technology)機器の出現により、ITシステムの消費電力の増加が大きな問題となっている。この問題に対して、低消費電力プロセッサ、高効率冷却方式など消費電力を削減する技術の開発が進められているが、装置単体の省電力化には限界があり、より大きな省電力効果を得るためにはITシステムと冷却装置とを含むコンピュータ室全体での取り組みが必要である。
- [0003] 現在のITシステムの冷却について説明する。サーバの稼働率上昇に伴いCPUやメモリなどの部品は熱を発生する。サーバは冷却ファンを備えており、サーバ筐体内の温度を検出し、温度が一定のしきい値を超えると、気流を発生させて発熱部品を冷却する。熱はこの気流により筐体の外に排出される。この冷却ファンの制御に関して、発熱部品の温度と温度変化に基づいてファンを制御し冷却を効率化する発明が特許文献1に開示されている。また、発熱部品の温度と温度変化に基づいてファンを制御し、冷却を効率化する発明が特許文献2で開示されている。
- [0004] 一方、サーバを設置するコンピュータ室には機器の発生する熱を冷却するための冷却装置が設置されており、固定のセンサの温度をもとに出力を決定し、室内の温度を一定に保つ。しかし、IT機器の発する熱の偏りや機器の配置によって、コンピュータ室の温度を均一することは難しい。この冷却装置の制御に関して、マシン室内の空気流を監視し、空気流に応じて換気を行う発明が特許文献3に開示されている。

[0005] コンピュータ室の熱の偏りが大きい場合は、熱だまりにある機器がCPU熱暴走により動作が不安定になる、また、CPU温度制御回路が作動し、強制的に処理性能を落としたり、シャットダウンしたりすることがある。強制的なシャットダウンによる不具合の発生を回避するため、温度が一定値を超えた場合ハイバネーションにより放熱制御して障害、シャットダウンを回避する発明が特許文献4で開示されている。

[0006] また、CPUの現在の処理内容、CPUの温度特性、外部から入力されたユーザの指示に基づいて一定時間経過後の温度を予測し、予測された温度が基準値を上回った場合には、CPUの処理を他のCPUに移動する方法が、特許文献5に開示されている。

[0007] 特許文献1：特開2002-268775号公報

特許文献2：特開2008-84173号公報

特許文献3：特開2006-208000号公報

特許文献4：特開2008-158787号公報

特許文献5：特開2007-241376号公報

## **発明の開示**

### **発明が解決しようとする課題**

[0008] 今後は、熱の偏りを無くすためコンピュータ室全体を大規模な冷却装置で均一に冷やすのではなく、局所的に温度を制御できる冷却装置が重要になる。例えば、指向性のある冷却装置、ラック背面に取り付けるラック単位の冷却装置などが既に出荷されている。また、床下からの冷風によって冷却を行う設備の場合には、床のグレーティング板（穴あきタイル）の開閉を制御して、床下からの送風箇所を変更し、温度の高い箇所を集中的に冷やすようになる。

[0009] また、発熱部品の稼働率が上昇してから熱が発生し、その熱が温度センサに検出されるまでには遅延がある。また、温度上昇が検出されてファンや空調の出力が上がり、実際に冷却効果が出るまでにはさらに遅延がある。このため、バースト的な負荷が発生した場合は、ファンの出力が上がっても一時

的には温度が上昇し、その後安定稼動可能な温度に落ち着く。しかし、CPUは自身の温度が上昇すると、リーク電流が指数関数的に増加して冷却の電力もより多く必要になる。

[0010] この結果、冷却能力が不足してCPU熱暴走により動作が不安定になる、または、CPU温度制御回路が作動し、強制的に処理性能を落としたり、シャットダウンすることがある。ハイバネーションにより、強制シャットダウンを回避しても、処理は中断せざるを得ない。

[0011] また、サーバの冷却ファンが回転数を上げて、サーバ背面の空気流が不足していると、熱が排出穴に運ばれずに周囲の機器に拡散し、他の機器の温度も上昇し障害を招くおそれがある。現在の冷却装置は一点で計測した温度情報を元に出力を調整しているため、あるサーバで発生した熱がその計測点に回り込むまで空調は連動しないので、このような状態になることがある。

### 課題を解決するための手段

[0012] 前記目的を達成するために、本発明の制御方法は、プロセッサとファンを有するサーバ装置と冷却装置とに接続する管理計算機の制御方法であって、前記サーバから前記プロセッサの温度及び稼働率と前記ファンの回転数と前記サーバへの入気温度を取得し、前記プロセッサの前記温度及び前記稼働率と、前記ファンの前記回転数と、前記入気温度とから、予め定められた期間を経過した後の前記プロセッサの推定温度を算出し、前記推定温度が第1の所定値以上である場合に、前記期間を経過した後の前記推定温度が前記所定値以下となる前記ファンの目標回転数を決定し、前記目標回転数とするように前記サーバ装置に指示する、ことを特徴とする制御方法である。

[0013] また、本発明のサーバシステムは、プロセッサとファンを有し、前記プロセッサの温度及び稼働率と前記ファンの回転数と入気温度とを計測する前記サーバ装置と、前記サーバ装置及び前記冷却装置に接続し、前記プロセッサの前記温度及び前記稼働率と、前記ファンの前記回転数と、前記入気温度とから、予め定められた期間を経過した後の前記プロセッサの推定温度を算出し、前記推定温度が第1の所定値を以上である場合に、前記期間を経過した

後の前記推定温度が前記所定値以下となる前記ファンの目標回転数を決定する管理計算機とを有する、ことを特徴とするサーバシステムである。

## 発明の効果

[0014] 本発明によれば、CPUを事前に冷却して最適温度に保つことにより、リーク電流による電力の消費を最小にし、冷却効率を上げることができる。

## 図面の簡単な説明

[0015] [図1]本発明の第一の実施例のシステム構成を示すシステム構成図の一例である。

[図2]本発明の第一の実施例の省電力制御サーバのハードウェア構成を示す構成図の一例である。

[図3]本発明の第一の実施例の管理対象である物理計算機ハードウェア構成を示す構成図の一例である。

[図4] (a) は、本発明の第一の実施例のコンピュータ室の内部構成図、(b) は、コンピュータ室の床に設置されたモータと吹出口との関係を示す要部断面図の一例である。

[図5]本発明の第一の実施例のサーバ構成情報を示す構成図の一例である。

[図6]本発明の第一の実施例のラック・冷却マップを示す構成図の一例である。

[図7]本発明の第一の実施例における稼動情報および消費電力情報を示す構成図の一例である。

[図8]本発明の第一の実施例における熱発生プロファイルを示す構成図の一例である。

[図9]本発明の第一の実施例におけるCPU温度プロファイルを示す構成図の一例である。

[図10]本発明の第一の実施例におけるファンプロファイルを示す構成図の一例である。

[図11]本発明の第一の実施例における省電力制御フローを示すフローチャートの一例である。

[図12] 本発明の第一の実施例におけるCPU温度推定フローを示すフローチャートの一例である。

[図13] 本発明の第一の実施例におけるファン回転数決定フローを示すフローチャートの一例である。

[図14] 本発明の第二の実施例のシステム構成を示すシステム構成図の一例である。

[図15] 本発明の第二の実施例のジョブ実行スケジュール、サーバ・ジョブマップを示す構成図の一例である。

[図16] 本発明の第二の実施例の省電力制御フローを示すフローチャートの一例である。

[図17] 本発明の第三の実施例のシステム構成を示すシステム構成図の一例である。

[図18] 本発明の第三の実施例の冷却制御ルールを示す構成図の一例である。

[図19] 本発明の第三の実施例の省電力制御フローを示すフローチャートの一例である。

[図20] 本発明の第一の実施例の冷却装置プロファイルの一例である。

[図21] 本発明の第一の実施例の冷却装置部のフローチャートの一例である。

## 符号の説明

[0016] 110…省電力制御サーバ、111…稼動情報監視部、112…温度監視部、113…CPU温度推定部、114…冷却制御決定部、115…ファン回転数決定部、116…ファン監視・制御部、117…冷却制御部、121…サーバ構成情報、122…熱発生プロファイル、123…ファンプロファイル、124…サーバ稼動履歴、125…CPU温度プロファイル、126…ラック・冷却マップ、127…冷却プロファイル、200…物理計算機、223…計測エージェント

## 発明を実施するための最良の形態

[0017] 以下、図面を用いて、本発明の幾つかの一実施形態を説明する。

### 実施例 1

[0018] 図1は、本発明の一実施例のシステム構成を示す図である。本実施例のシステム構成は、情報処理システムあるいはストレージシステム等である。例えば、1つの管理計算機100と、1つ以上の物理計算機200と、1つ以上のストレージ装置230と、該管理計算機100、該物理計算機200、該ストレージ装置230とを設置したコンピュータ室を冷却する冷却装置151と、冷却装置151を制御する冷却装置制御部150を備えて構成されている。そして、管理計算機100、物理計算機200及び冷却装置151は、管理ネットワーク225経由で接続している。また、物理計算機200とストレージ装置230は、例えばファイバチャネルネットワーク226で接続している。ここで、冷却装置制御部150は、冷却装置151を一括に制御すべく、物理計算機のメモリにプログラムとして格納されてもよい。また、冷却装置制御部151は、管理計算機内のメモリにプログラムとして格納されていてもよい。

[0019] 図2は、本発明の一実施例における管理計算機100を示す図である。

[0020] 管理計算機100の動作の概要を説明する。詳細については、以下に図面に沿って説明を加える。管理計算機100は、物理計算機200とストレージ装置230および冷却装置制御部150を管理する。そして、複数の物理計算機200と情報の授受を行って、複数の物理計算機200の稼働状況を検出する。検出した複数の物理計算機200の稼働状況に応じて、冷却装置制御機能151を介して冷却装置151を個別に制御する。また、検出した複数の物理計算機200の稼働状況に応じて複数の物理計算機200のファン回転数や冷却装置を制御する。

[0021] 管理計算機100は、中央演算装置CPU(Central Processing Unit)101、ハードディスク装置やフラッシュメモリ等の記憶装置105、メモリ102、バス107、ネットワークインタフェース104、ディスクインタフェース103から構成される。

[0022] メモリ102には、サーバプログラム110が格納されている。そして、サーバプログラムには、稼働情報監視部111、温度監視部112、CPU

温度推定部 113、ファン回転数決定部 115、ファン監視・制御部 116、冷却制御部 117 が含まれる。これらのプログラムは、当初、磁気ディスク 105 に格納され、必要に応じてメモリ 102 に転送された後、CPU 101 で実行される。稼動情報・電力監視部 111 は、物理計算機 200 の稼動情報および消費電力情報を収集する。温度監視部 112 は、物理計算機の入気温度、CPU 温度、排気温度を取得する。ファン監視・制御部 116 は、ファン回転数の情報を取得し、ファンの回転数を変更する指示を出す。CPU 温度推定部 113 は、物理計算機に内蔵される CPU の一定時間後の温度を推定する。ファン回転数決定部 115 は、CPU の一定時間後の温度を目標値まで下げるファン回転数を決定する。冷却制御決定部 114 は、ラック・冷却マップ 126 を取得し、冷却装置 151 の出力を決定する。冷却制御部 117 は、冷却装置 151 の出力を制御する指示を出す。

[0023] そして、記憶装置 105 に、稼動情報履歴 124 と、サーバ構成情報 121 と、熱発生プロファイル 122 と、ファンプロファイル 123 と、CPU 温度プロファイル 125 と、冷却装置プロファイル 127 と、CPU 温度範囲 128 と、CPU 最適温度 129 と、ラック・冷却マップ 126 と、冷却装置プロファイル 2010 と、が格納される。

[0024] 図 3 は、本発明の一実施例における物理計算機 200 のハードウェア構成を示す図である。

[0025] 物理計算機 200 は、中央演算装置 CPU 201、メモリ 202、ハードディスク装置やフラッシュメモリ等の記憶装置 205、バス 207、ネットワークインタフェース 204、ディスクインタフェース 203、ファン 208、BMC (Baseboard Management Controller) 207 とから構成される。

[0026] BMC 207 は、サーバ入気温度、排気温度、CPU 温度の監視や、ファン回転数の監視・制御、電源制御を行う。

[0027] メモリ 202 には、OS 222、この物理計算機の稼動情報を収集する計測エージェントプログラム 223、業務サービスプログラム 224 が格納さ

れる。これらのプログラムは、まず、磁気ディスク 205 に格納され、必要に応じてメモリ 202 に転送された後、CPU 201 で実行される。なお、これらのプログラムは、可搬型記録媒体から読み出されることにより、または、各々の装置に接続されたネットワーク経由で、他の計算機または記憶装置からダウンロードされることにより、磁気ディスク 205 に格納されるものであってもよい。

[0028] また、管理計算機のサーバプログラム 110 の各処理は、各プログラムを CPU で実行することにより実現するが、これらは計測エージェント決定部、計測部など、各処理を行う処理部として集積回路化するなどしてハードウェアで実現することもできる。

[0029] 計測エージェント 223 は、計算機 200 上で稼動し、自身が稼動する装置の CPU 使用率やメモリ使用率、ネットワークインタフェースの使用率などの稼動情報を収集し、計測カウンタとして記録するソフトウェアプログラムである。管理計算機のサーバプログラム 110 の稼動情報・電力監視部 111 は、計測エージェント 223 に対して、SNMP (Simple Network Management Protocol) による稼動情報収集リクエストを送信する。計測エージェント 223 は、この稼動情報収集リクエストを受け取り、リクエスト中のオブジェクト ID (Identification) で指定された計測カウンタの値を稼動情報・電力監視部 111 に送信する。サーバプログラム 110 は、この計測カウンタの値を受け取り、稼動情報として記録することで、複数の管理対象の稼動情報を一元的に管理することができる。

[0030] 図 4 は、本発明の一実施例における、物理計算機 200、ストレージ装置 230、冷却装置 151 などが設置されるコンピュータ室 400 の機器配置を示す図である。

[0031] コンピュータ室 400 には、4 つのラック 401 a、401 b、401 c、401 d と、冷却装置 151 a、151 b が配置されている。各ラック 401 と冷却装置 151 a、151 b は、床上に固定されている。床には、複

数の吹出口４３１～４３５が設置される。吹出口４３１～４３５は、例えば図４（ｂ）に示すように、モータ４４０が固定され、モータ回転軸４４１には、モータ４４０の回転駆動に応じて、各吹出口を開閉する開閉版４４２が固定されている構成である。

[0032] ラック４０１ａには、物理計算機２００及びストレージ装置２３０が収納されている。ラック４０１ｂ～４０１ｃにも、同様に物理計算機２００及びストレージ装置２３０が収納されている（図示せず）。

[0033] 冷却装置１５１ａ、１５１ｂは、コンピュータ室４００の側面に取り付けられ、コンピュータ室４００の温度を一定に保つための冷却装置１５１の一要素として構成されている。この冷却装置１５１ａ、１５１ｂは冷風を床下に送り、冷風が吹出口（穴あきタイル）４３１から吹き出すことで、各サーバが排出する熱を除去する。この際、管理計算機１００からの指示に応じて、吹出口４３１～４３５のうちいずれかの吹出口を開き、他の吹出口を閉じる制御が行われる。例えば、ラック４０１ａ、４０１ｄに収納されたサーバの稼働率が高く、ラック４０１ｂ、４０１ｃに収納されたサーバがアイドル状態であるときには、冷却装置１５１に対する制御として、モータ４４０の回転駆動により、吹出口４３１～４３５のうち吹出口４３３が閉じ、他の吹出口４３１、４３２、４３４、４３５が開かれる制御が実行される。

[0034] また、ラック４０１ｂ、４０１ｃに収納されたサーバの稼働率が高く、ラック４０１ａ、４０１ｄに収納されたサーバがアイドル状態のときには、冷却装置１５１に対する制御として、モータ４４０の回転駆動により、吹出口４３１～４３５のうち吹出口４３１、４３５が閉じ、他の吹出口４３２、４３３、４３４が開かれる制御が実行される。

[0035] 本実施例における冷却装置は、一般的なコンピュータ室空調（ＣＲＡＣ：Computer Room Air Conditioner）であるがこれに限定されるものではない。冷却設備は冷却された液体の冷媒がパイプを通り、各ラックを循環することで各サーバが排出する熱を除去する液冷装置であっても良い。液冷装置では、各ラックに通じるパイプの手前にバルブがあ

り、バルブを開閉することで、吹出口と同様に冷却出力の調整を行う。また、冷却設備は、外の冷えた空気を取り込み、コンピュータ室冷却装置と同様に床下から冷風を送ることで各サーバが排出する熱を除去する外気冷却装置であっても良い。

[0036] 図5は、本発明の一実施例におけるサーバ構成情報121を示す図である。

[0037] サーバ構成情報121は、コンピュータ室400内に設置されたラックと、ラックに格納される物理計算機との対応関係を示すラック・物理計算機マップ500（図5（a））と物理計算機リスト510（図5（b））とからなる。

[0038] ラック・物理計算機マップ500（図5（a））は、ラックの識別子であるラックID501と、それぞれのラックに格納される物理計算機200の識別子である物理計算機ID502で構成される。

[0039] 物理計算機リスト510（図5（b））は、物理計算機200の持つ物理計算機ID511と、シャーシ番号512と、構成要素識別子（項目）513と、構成要素の値514からなる一つ以上のレコードで構成され、物理計算機200の処理能力を表す。物理計算機ID501には、各物理計算機の識別子が格納されている。シャーシ番号512は、当該物理計算機がブレードサーバである場合に、ブレードサーバを格納するシャーシを特定するためにある。1Uサーバなどの非モジュラータイプのサーバである場合には、“-”が記録される。ブレードサーバは、複数のサーバでファンや電源を共有しており、サーバの構成や電源On/Offを管理する管理用プロセッサを持つ場合がある。管理対象物理計算機がブレードサーバである場合には、個々のサーバではなく、この管理用プロセッサに接続してCPU温度や共有するファンの回転数を得ることができる。管理用プロセッサに接続するため必要なIPアドレスやポート番号は、図示しないがサーバ構成情報として管理されているものとする。

[0040] サーバ構成情報121は、管理対象システムの設計者がシステム構築時に

決定し、文書またはソフトウェアによって管理していることが多い。物理計算機構成情報は、このような管理されている構成情報に基づいて作成してもよいし、動的に収集した情報から作成してもよい。

[0041] 図6は、本発明の一実施例におけるラック・冷却装置マップ126を示す図である。

[0042] ラック・冷却装置マップ126は、ラックの識別子601と、冷却装置151の識別子602と、ラックの前面に位置する吹き出し口603と、ラックの背面に位置する吹き出し口604とからなる一つ以上のレコードで構成される。各レコードは、ラックと、各ラックを冷却している冷却装置151と、ラックに対して送風・換気を行う吹き出し口の識別番号との対応を表している。

[0043] 図7は、本発明の一実施例における稼動情報710（図7（a））および電力情報720（図7（b））を示す図である。

[0044] 稼動情報710（図7（a））は、一つの物理計算機200のリソース使用状況を示す。一例として、計測日711、計測曜日712、計測時刻713、CPU稼働率714とからなる一つ以上のレコードで構成される。CPU稼働率の単位は%である。ここで示す稼動情報は、Windows（登録商標）であればWMI（Windows Management Interface）で、LinuxであればTopコマンドで取得することが可能である。

[0045] 電力情報720（図7（b））は、各物理計算機200の電力消費状況を示すものであり、計測日721、計測曜日722、計測時刻723、物理計算機の電力量724および、シャシの電力量726とからなる一つ以上のレコードで構成される。なお、物理計算機200が、ブレードサーバである場合には、複数の物理計算機の電力量とシャシの電力量が一つのテーブルで管理されている。一方、物理計算機200がブレードサーバでない場合には、一つの物理計算機の電力量だけが管理される。

[0046] 図8は、本発明の一実施例における熱発生プロファイル122を示す図で

ある。

[0047] 熱発生プロファイル 122 は、CPU稼働率 801 と、発熱量 802 とからなる一つ以上のレコードで構成される。ここで、稼働率 811 とは、CPUの稼働率であり、発熱量と 802 とは、CPUの発熱量である。つまり、各レコードは、物理計算機 200 のCPUの稼働率に対する、発熱量を表している。

[0048] 熱発生プロファイル 122 は、物理計算機 200 の備えるCPUの種類ごとに異なる。熱発生プロファイルの取得方法は様々な方法がある。例えば、CPUの過去の稼働率と発熱量の履歴を記録しておき、該履歴より取得することができる。また、事前にCPUによる処理を実行し、稼働率と発熱量の関係を測定することもできる。また、CPUベンダより提供された稼働率と発熱量との関係を記録することもできる。

[0049] 図9は、本発明の一実施例におけるCPU温度プロファイル 125（図9（a））、CPU温度範囲 128（図9（b））、CPU最適温度 129（図9（c））、温度上昇とリーク電流による消費電力の関係、および温度上昇とファン消費電力との関係（図9（d））を示す図である。

[0050] CPU温度プロファイル 125（図9（a））は、CPUの発熱量 901 と、一定時間あたりのCPU温度変化 902 からなる一つ以上のレコードで構成される。つまり、各レコードは、CPUの発熱量に対する、一定時間後の温度変化量を表している。

[0051] 一般に、物体の温度変化は外部から与えられる熱量を熱容量で割った値になるが、物体の性質によって熱の伝わりやすさが異なる。すなわち、同じ熱量が与えられても、CPUの材質や構造によって最終的に到達する温度、および温度変化の速度は異なる。このため、CPU温度プロファイルはCPU種類ごとに決まるテーブルである。

[0052] 上記のように、CPU温度プロファイル 125 は、物理計算機 200 の備えるCPUの種類ごとに異なる。CPU温度プロファイルの取得方法は様々な方法がある。例えば、CPUの過去の発熱量と温度変化の履歴を記録して

おき、該履歴より取得することができる。また、事前にCPUによる処理を実行し、発熱量と温度変化の関係を測定することもできる。また、CPUベンダより提供された発熱量と温度変化との関係を記録することもできる。

[0053] CPU温度範囲128（図9（b））は、上限値911と下限値912から成り、CPUが安全に移動する温度の範囲を示している。通常、CPUは製造ベンダによって正常に動作する温度の上限と下限が決められている。そして、多くのサーバでは、室温の上昇やファンの故障によって、CPU温度がこの範囲を超えると、サーバのハードウェア状態を監視するプログラムがサーバ外部に警告を出す。

[0054] CPU最適温度129は、CPUのリーク電流による消費電力と、CPUを冷却するファンが消費する電力との総和を最小にする温度である。CPU最適温度129は、入気温度によって変化するため、入気温度921と、CPU最適温度922からなる一つ以上のレコードで構成される。

[0055] CPU最適温度129について説明する。半導体の微細化によりCPUにはOFF状態であっても微量の電流（リーク電流）が流れるが、このリーク電流は温度が上昇すると指数関数的に上昇するという特性を持つ。このため、アイドル状態であっても、CPU自身の温度が上昇すると消費電力も指数関数的に上昇する。このリーク電流によるCPU消費電力を抑えるには、CPU温度を上げない方が良いが、温度を維持するには冷却用の電力が必要になる。一般に、ファン消費電力はファンの風速、消費電力に比例しており、CPU温度上昇の2乗に反比例する。したがって、図9（d）に示すように、温度を低く保つとリーク電流は抑えられるが、ファンの消費電力は増加し、温度上昇を許せばリーク電流は増加するが、ファンの消費電力は低くすることができるというトレードオフの関係となる。CPU最適温度129は、このリーク電流による消費電力とファン消費電力との総和が最小になる温度であり、管理者が測定することも可能であり、サーバベンダが公開することも考えられる。

[0056] 図10は、本発明の一実施例におけるファンプロファイル123を示す図

である。

- [0057] ファンプロファイル 123 は、物理計算機 200 のファンの回転数 1001 と、ファンの送風により CPU を冷却し、一定時間あたりに変化させることのできる CPU の温度変化 1002 からなる一つ以上のレコードで構成される。そして、ファンによる CPU の冷却効率、入気温度により変化する。したがって、ファンにより、一定時間あたりに変化させることのできる CPU の温度変化は入気温度により異なる。本実施例のファンプロファイルでは、21℃、22℃、23℃（1003）の入気温度の場合を示しているがこれに限定されるものではない。
- [0058] また、サーバの CPU とファンとの関係は 1 対 1 とは限らない。例えば、一つの筐体に複数のサーバが格納されるブレードサーバでは、複数のサーバを共有のファンで冷却することがある。このような場合でも、ファンは、各 CPU を均一に冷やすよう構成されており、前述のようなファンプロファイル 123 を定義することができる。
- [0059] 図 20 は、本発明の一実施例における冷却装置プロファイル 2010 と、冷却制御パターン 2010 を示す図である。
- [0060] 冷却制御プロファイル 2010 は、冷却装置ごとに分かれており、冷却装置の出力段階 2011 と、その出力段階時の各冷却対象ラックの入気温度変化 2012 と、消費電力 2013 とからなる一つ以上のレコードで構成される。
- [0061] 冷却制御パターン 2020 は、複数の冷却装置の出力の組み合わせと消費電力を表すものであり、組み合わせ番号 2021 と、各冷却装置の出力 2022 と、その時の冷却装置全体の消費電力量 2023 からなる一つ以上のレコードで構成される。
- [0062] 図 5 から図 10 で示した情報は、管理者が定義ファイルに記述する。ただし、これらの情報は、定義ファイルでなく、GUI (Graphical User Interface) から入力してもよいし、他のサーバからネットワークを介して取得してもよい。

[0063] 次に、本発明の一実施例における管理計算機による物理計算機と冷却装置の制御を、図を用いて説明する。

[0064] 図 11 は、本発明の一実施例における、管理計算機による物理計算機と冷却装置の制御フローを示した図である。

[0065] まず、物理計算機のサーバプログラム 110 の稼動情報監視部 111 は、サーバ構成情報 121 を記憶装置 105 から読み出す (S 1101)。そして、管理する物理計算機 200 を把握し、稼動情報監視部 111 がこれら物理計算機 200 の稼動情報および消費電力を収集し (S 1102)、サーバ稼動履歴 124 に格納する。

[0066] そして、CPU 温度推定部 113 は、格納した稼動履歴と、記憶装置に格納された熱発生プロファイル 122、CPU 温度プロファイル 125 に基づいて、各物理計算機 200 の一定時間経過後の CPU 温度を推定する (S 1103)。この推定の処理は図 12 を用いて説明する。

[0067] 図 12 は、本発明の一実施例における CPU 温度推定フローを示す図である。本処理は、CPU 温度推定部により実行される。

[0068] CPU 温度推定部 113 は、サーバ稼動履歴 124 を参照して、処理対象である物理計算機 200 の CPU 稼働率 714 を取得する (S 1201)。

[0069] そして、CPU 稼働率に対して発生する熱量を、熱発生プロファイル 122 を参照して求める (S 1202)。この時、まず、サーバ構成情報 121 のサーバリスト 510 を参照して、当該物理計算機 200 の CPU 種類を求め、CPU 種類に対応する CPU 温度プロファイルを用いる。

[0070] 次に、発生した熱量に対する CPU 温度変化を、CPU 温度プロファイル 125 を参照して求める (S 1203)。具体的には、CPU 温度推定部 113 は、温度監視部を用いて現在の CPU の温度とサーバ装置への入気温度を取得し、ファン監視・制御部 116 を用いて現在のファン回転数を取得する。そして、ファンプロファイル 123 を参照して、現在時刻から一定時間経過後まで現在のファン回転数を維持した場合の CPU 温度変化 (冷却効果) を求める (S 1204)。ファン監視・制御部 116 は、前記 BMC 20

7に対してSSH(Secure Shell)などによって接続し、ファン回転数を取得するコマンドを実行し、ファン回転数の値を取得する。

[0071] 最後に、現在のCPU温度に発生した熱量に対するCPU温度変化を加算し、ファンによる温度変化を引いて、一定時間経過後のCPU温度とする(S1205)。

[0072] 一定時間経過後のCPU温度の推定値が算出されたら、一定時間経過後の推定温度が、設定したしきい値を超えるか否かを確認する(S1104)。設定したしきい値を超える場合(Yの場合)、温度監視部により物理計算機への入気温度を取得し、ファン回転数決定部115は取得された入気温度とファンプロファイル123を参照して、一定時間経過後のCPU温度を上限値内に抑えるために必要なファン回転数を算出する(S1105)。

[0073] ファン回転数を決定する一例を図13に示す。つまり、図13は、本発明の一実施例におけるファン回転数決定フローを示す図である。

[0074] CPU温度の推定値がしきい値を上回る場合、ファン回転数決定部115は、推定した一定時間経過後のCPU温度とCPU温度のしきい値との差分を求め、実現すべきCPU温度変化量とする(S1301)。

[0075] そして、一定時間経過後のCPU温度を推定する際に取得した、物理計算機への現在の入気温度と、ファンプロファイル123とを参照して、一定時間経過後の実現すべきCPU温度変化量とするためのファン回転数を求める(S1302)。

[0076] しきい値を超えない場合は、一定時間経過を待ち(S1108)、稼働情報・温度・回転数の監視に戻る(S1102)。ここで、しきい値は、CPU温度範囲128の上限値であってもよい。また、しきい値は、上限値より一定値引いた値であってもよい。上限値より一定値を引いた値をしきい値とすることにより、突然稼働量が上昇した場合であっても、上限値を以下で稼働することができる。

[0077] また、本実施例においては、一定時間経過後のしきい値を超えるか否かにより、ファンの回転数を制御するか否かを決定したが、これに限られるもの

ではない。他の実施形態として、温度監視部 112 により入気温度を取得し、取得した入気温度から CPU リーク電流とファン消費電力の合計を最小にする値である CPU 最適温度 129 を決定する。そして、CPU 最適温度から一定温度減算した値より、CPU 最適温度に一定温度加算した値の範囲範囲内であるか否かにより判断 1104 をしてもよい。

[0078] 次に、サーバプログラム 110 は、物理計算機 200 がファンの回転数を算出した回転数へ変更可能であるか確認する (S1106)。例えば、処理 1105 にて求めたファン回転数が、最大値を超えているかどうかを確認する。変更可能である場合には (S1106: Y)、ファン監視・制御部 116 は、物理計算機 200 に対して、ファンの回転数を変更するよう指示を出す (S1107)。そして、一定時間経過を待ち (S1108)、稼動情報・温度・回転数の監視に戻る (S1102)。

[0079] 物理計算機 200 のファンが、ファン回転数決定部 115 が決定したファンの回転数を実現できない場合には (S1106: N)、冷却制御部 117 は、コンピュータ室 400 に設置された冷却設備 151a、151b の出力を変更して当該物理計算機 200 の入気温度を下げる (S1520)。この処理は図 21 を用いて説明する。

[0080] 図の 21 は、本発明の一実施例における冷却制御フローを説明する図である。

[0081] 冷却制御部 117 は、ファンプロファイル 123 を参照して、実現すべき CPU の温度変化量を達成する、目標入気温度を求める (S2101)。ここで、ファン回転数は実現できる最大値とする。つまり、図 10 の 5000 回転が最大値であり、CPU 温度変化を  $-3.0^{\circ}\text{C}$  とした場合には、目標入気温度を  $21^{\circ}\text{C}$  と求める。

[0082] そして、現在の入気温度と目標入気温度との差分を求め入気温度変化目標値とする (S2102)。

[0083] 次に、冷却制御部 117 は、サーバ構成情報 121 を参照して制御対象の物理計算機 200 が格納されるラックを特定する。そして、ラック・冷却マ

ップ 1 2 6 を参照して、特定したラックの冷却を担当する冷却設備を特定する。特定されるラックは複数台であってもよい。そして、冷却制御部 1 1 7 は、この冷却装置の出力を、前記差分に応じて変更するよう指示する。

[0084] 具体的な冷却装置の出力の決定方法は、冷却装置プロファイル 2 0 1 0 を参照して、ラック温度変化量が、入気温度変化目標値以上である出力段階を選択する。

[0085] ただし、本実施例のように複数の冷却装置が同一ラックを冷却する場合には、どの冷却装置の出力を変更するかによってコンピュータ室全体の消費電力が異なる。そこで、管理対象ラックの入気温度を目標入気温度にするために、冷却設備 1 5 1 a および冷却設備 1 5 1 b が取り得る出力の組み合わせを列挙した冷却制御パターンリスト 2 0 3 0 を作成する (S 2 1 0 3)。

[0086] そして、冷却設備 1 5 1 a と冷却設備 1 5 1 b との消費電力の和が最小となる組み合わせを選択する (S 2 1 0 4)。

[0087] 例えば、組み合わせには、冷却設備 1 5 1 a は段階 1 にして、冷却設備 1 5 1 a は段階 3 とするパターン、両方の出力を段階 2 とするパターン、冷却設備 1 5 1 a を段階 3 として、冷却設備 1 5 1 b を段階 1 とするなどのパターンがある。ここで、温度変化、つまり冷やせる温度に対する冷却装置の消費電力は、装置の特性やラックとの距離によって異なるため、各パターンの消費電力は異なる。そして、冷却設備 1 5 1 a、1 5 1 b の出力を変更して当該物理計算機 2 0 0 の入気温度を下げる (S 2 1 0 5)。

そして、一定時間経過を待ち (S 1 1 0 8)、稼動情報・温度・回転数の監視に戻る (S 1 1 0 2)。

[0088] 本実施例の物理計算機プロファイル 1 2 4 は、主な発熱部品である CPU のみに着目しているが、熱発生プロファイルは CPU だけでなく、他の部品の利用率に応じた情報であってもよい。

[0089] また、本実施例は、IT 装置がサーバである場合について説明したが、IT 装置はストレージ装置、ネットワーク機器であっても良い。IT 装置がストレージ装置の場合には、装置の発熱量は CPU 稼働率だけではなく、装置

へのデータ入出力回数を示す I O P S ( I n p u t O u t p u t P e r S e c o n d ) によって変化するため、コントローラの C P U 稼働率や I O P S に基づいて発熱量を推定することができる。同様に I T 装置がネットワーク機器の場合には、ポートの使用率に基づいて発熱量を推定することができる。

[0090] 上述したように、省電力制御サーバ 110 を、物理計算機 200 の稼働情報および消費電力情報を収集する稼働情報監視部 111 と、前記管理対象サーバの入気温度、C P U 温度、排気温度を収集する温度監視部 112 と、前記管理対象サーバのファン回転数を監視し、前記ファンの回転数を変更するファン監視・制御部 116 と、熱発生プロファイル 122 および C P U 温度プロファイル 125 を読み込み、前記管理対象サーバが内蔵する C P U の一定時間後の温度を推定する C P U 温度推定部 113 と、ファンプロファイル 123 を読み込んで前記 C P U の一定時間後の温度を目標値まで下げるファン回転数を決定するファン回転数決定部 115 と、冷却装置プロファイル 127 と、ラック・冷却マップ 126 の入力を受け付け、冷却装置 151 の出力を決定する冷却制御決定部 114 と、冷却装置 151 の制御を指示する冷却制御部 117 とで構成することで、C P U を事前に冷却して最適温度に保ち、リーク電流による電力の消費を最小にし、冷却効率を上げることができる。また、サーバのファンと空調を連携して制御することにより、ファンの制御だけでは C P U の温度を規定範囲内にできない場合であっても、事前に空調を調整して入気温度を下げておくことで、C P U の温度を規定の範囲内に収めて熱による障害の発生を回避できる。

[0091] なお、本実施例においては、管理計算機からの指示によりサーバ装置内の B M C がファンを制御するが、これに限定されるものではなく、サーバプログラム 110 を物理計算機のメモリに格納し、稼働情報履歴 124 と、サーバ構成情報 121 と、熱発生プロファイル 122 と、ファンプロファイル 123 と、C P U 温度プロファイル 125 と、冷却装置プロファイル 127 と、C P U 温度範囲 128 と、C P U 最適温度 129 と、ラック・冷却マップ

１２６と、冷却装置プロファイル２０１０とを記憶装置に格納し、物理計算機内において本実施例におけるファン制御及び空調装置制御を行ってもよい。

## 実施例 ２

[0092] 以下、本発明の第２の実施形態を図面に基づいて説明する。第１の実施例と、同一の構成部分については、適宜図面及び説明を省略する。

[0093] 本発明の一実施例のシステム構成は、図１と同様である。また、物理計算機は、図３と同様である。

[0094] 図１４は、本発明の一実施例の管理計算機を示す図である。実施例１の管理計算機との相違点は、稼動履歴情報１２４を保持せず、ジョブ実行スケジュール１３２、サーバ・ジョブマップ１３１を保持していることである。既に実施例１にて説明したサーバ構成情報１２１、熱発生プロファイル１２２、ファンプロファイル１２３、ＣＰＵ温度プロファイル１２５、ラック・冷却マップ１２６、ＣＰＵ温度範囲１２８、ＣＰＵ最適温度１２９については、説明を省略する。

[0095] 管理計算機の動作を簡単に説明する。なお、詳細な説明は以下、図を用いて行う。サーバプログラム１１０は、管理対象サーバが実行する業務のジョブ実行スケジュール（負荷変動）から一定の期間におけるＣＰＵ稼働率を求め、ＣＰＵ稼働率と、ＣＰＵ種類ごとに決まっている稼働率に対する発熱量とから、一定時間後のＣＰＵの温度を推定し、ＣＰＵ温度が、ＣＰＵが安定稼働する温度範囲の上限値を超えることを確認すると、前記管理対象サーバのファン回転数及び必要に応じて冷却装置の出力を制御する。

[0096] 図１５は、本発明の一実施例におけるサーバ・ジョブマップ１３１（図１５（ａ））と、ジョブ実行スケジュール１３２（図１５（ｂ））とを示す構成図である。

[0097] サーバ・ジョブマップ１３１（図１５（ａ））は、物理計算機の識別子である物理計算機ＩＤ１４０１と、業務の種類を示す業務種別１４０２からなる一つ以上のレコードで構成される。各レコードは、どの物理計算機で、ど

の業務を実行しているかを示す。

[0098] ジョブ実行スケジュール132（図15（b））は、物理計算機ごとに、日1411と、曜日1412、開始時刻1413、終了時刻1414、ジョブID1415、平均CPU稼働率1416とからなる1つ以上のレコードで構成される。各レコードは、曜日と時間帯ごとの、業務によって発生するCPU稼働率の平均値を示している。サーバのCPU稼働率は、バッチジョブの実行スケジュール、業務リクエストの時間的変動、またはサーバのOn/Offスケジュールなどによって予測する。ジョブ実行スケジュール132は、バッチジョブの実行スケジュール、業務リクエストの時間的変動、またはサーバのOn/Offスケジュールと、同等の処理を実行した時のサーバ稼働履歴から求める。

[0099] 図16は、本発明の第二の実施例の制御フローを示すフローチャートである。まず、サーバプログラム110の稼働情報監視部111は、サーバ構成情報121を取得し（S1601）、管理する物理計算機200の情報を取得する。そして、管理する物理計算機のジョブ実行スケジュールの情報を取得する。

[0100] 次に、サーバプログラム110は、ジョブ実行スケジュールを確認し、物理計算機200が実行するジョブの終了時刻に達しているかを確認する（S1603）。そして、ジョブの終了時刻の場合（S1603：Y）、サーバ・ジョブマップ131を参照して、物理計算機200が次に実行するジョブを特定し、ジョブに対応するジョブ実行スケジュール132を参照して、当該物理計算機200が実行するジョブの開始・終了時刻と平均CPU稼働率を取得する（S1604）。

[0101] そして、CPU温度推定部113は、平均CPU稼働率と、熱発生プロファイル122、CPU温度プロファイル125に基づいて、各物理計算機200の一定時間経過後のCPU温度を推定する（S1604）。温度推定の処理は第一の実施例と同一である。

[0102] ここで、例えば、これから開始する負荷区間の平均CPU稼働率が0である場

合は、ファンの回転数を落とす、または停止することで消費電力を抑えることができる。

[0103] また、処理 1606 の処理も実施例 1 と同様である。

[0104] 本実施例では、ジョブ実行スケジュールから、実行されるジョブとそのジョブを処理するための CPU 稼働率を取得した。しかし、これに限定されるものではなく、例えば、過去に処理されたジョブや CPU 稼働率などのデータを格納しておき、格納されたデータをもとにある時間の CPU 稼働率を予測し、CPU 稼働率を取得してもよい。

### 実施例 3

[0105] 以下、本発明の第 3 の実施形態を図面に基づいて説明する。第 1 の実施例と、同一の構成部分については、適宜図面及び説明を省略する。

[0106] 本発明の一実施例のシステム構成は、図 1 と同様である。また、物理計算機は、図 3 と同様である。

[0107] 図 17 は、本発明の一実施例の管理計算機を示す図である。実施例 1 の管理計算機との相違点は、サーバプログラムにルール判定部 133 を保持し、記憶装置に冷却制御ルールを保持している点である。既に実施例 1 にて説明したサーバ構成情報 121、熱発生プロファイル 122、ファンプロファイル 123、稼働履歴情報 124、CPU 温度プロファイル 125、ラック・冷却マップ 126、CPU 温度範囲 128、CPU 最適温度 129 については、説明を省略する。

[0108] 図 18 は、本発明の第 3 の実施例の冷却制御ルール 131 を示す構成図である。

[0109] 冷却制御ルール 131 は、ルール 1010 とアクション 1020 からなり、ルール 1010 は、評価項目 1011 と、しきい値 1012 からなる一つ以上のレコードで構成される。各レコードは 1 つの条件を表しており、評価項目の値がしきい値以上になったときに条件が成立し、全てのレコードで表現された条件が成立したときに、アクション 1020 で指定された制御が実行される。また、1 つの項目の条件が成立したときに、アクション 1020

で指定された制御を実行してもよい。

[0110] 冷却制御ルールは、異常な温度上昇が開始したと判定できる条件であり、あらかじめコンピュータ室の管理者が定義するものとする。

[0111] 例えば、図 18 に示す冷却制御ルール 131 は、あるラックに格納される全物理計算機 200 の CPU 温度が 60℃ を超えており、かつ、排気温度が 40℃ を超えており、かつ、ファン回転数が 10000 回転/秒を超える場合には、当該ラックに格納される物理計算機 200 の排気が出るラック背面に熱だまりが発生するとみなす。そして、この熱を排出するため、アクション 1020 を実行する。当該ラックを冷却する冷却装置 151 の出力を最大にし、当該ラック背面に位置する吹き出し口のグレーティング板を 100% 開放することを指示している。

[0112] 上記の他に、図 5 (b) の電力情報より、同一ラックに格納される物理計算機 200 の消費電力の総和が一定の値を超えたときに、当該ラックに格納される物理計算機群から発生する熱量が一定の値を超えると判断し、当該ラックを冷却する冷却装置の出力を一段階上げることも有効である。

[0113] また、同一ラックに格納される全物理計算機 200 の入気温度が一定のしきい値を超えた場合に、ラック前面に熱だまりが発生しているとみなして、当該ラックを冷却する冷却装置 151 の出力を最大にし、当該ラック前面に位置する吹き出し口のグレーティング板を 100% 開放することも有効である。

[0114] 図 19 は、本発明の第 3 の実施例の制御フローを示すフローチャートである。

[0115] まず、省電力制御サーバ 110 の稼動情報監視部 111 は、サーバ構成情報 121 を取得する (S1901)。

[0116] そして、管理する物理計算機 200 の情報を取得し、稼動情報監視部 111 がこれら物理計算機 200 の稼動情報および消費電力を収集し、サーバ稼動履歴 124 に格納する。温度監視部 112 は現在の CPU 温度、排気温度を収集する。ファン監視・制御部 116 はファン回転数を収集する (S190

2)。

[0117] 次に、ルール判定部 133 は、収集した情報をもとに、各ラックに格納される物理計算機 200 について、冷却制御ルール 131 のルール 1010 の各項目の値をしきい値 1012 と比較する (S1903)。全項目の値が、しきい値 1012 以上であり、ルール 1010 が成立している場合 (S1904: Y) は、ラック・冷却マップ 126 を参照して、当該ラックを冷却する冷却装置 151、および当該ラックの背面に位置する吹き出し口を特定し、アクション 1020 で指定された冷却制御を実行する (S1905)。そして、一定時間経過待ち (S1906)、稼動情報等の監視に戻る (S1902)。

[0118] 本実施例によれば、管理対象機器の周辺にセンサを多数設置して温度上昇を検出する方法と比較して、センサの設置コストを省くことができる。

## 請求の範囲

- [1]        プロセッサとファンを有するサーバ装置と冷却装置とに接続する管理計算機による制御方法であって、
- 前記サーバから前記プロセッサの温度及び稼働率と前記ファンの回転数と前記サーバへの入気温度を取得し、
- 前記プロセッサの前記温度及び前記稼働率と、前記ファンの前記回転数と、前記入気温度とから、予め定められた期間を経過した後の前記プロセッサの推定温度を算出し、
- 前記推定温度が第1の所定値以上である場合に、前記期間を経過した後の前記推定温度が前記所定値以下となる前記ファンの目標回転数を決定し、
- 前記目標回転数とするように前記サーバ装置に指示する、ことを特徴とする制御方法。
- [2]        請求項1に記載の制御方法であって、
- 前記管理計算機は稼働情報監視部と、ファン監視部と、ファン制御部と、温度推定部と、冷却制御部とを格納するメモリを有し、
- 前記稼働情報監視部が前記サーバより前記プロセッサの前記稼働率を取得し、
- 前記ファン監視部が前記ファンの前記回転数を取得し、
- 前記温度推定部が前記入気温度と前記プロセッサの前記温度を取得し、前記プロセッサの前記温度及び前記稼働率から前記プロセッサの上昇温度を算出し、前記ファンの前記回転数と前記入気温度から冷却温度を算出し、前記上昇温度から前記冷却温度を減算して前記推定温度を算出し、
- 前記ファン制御部が前記サーバに前記ファンが前記目標回転数に変更する指示を出し、
- 前記ファンの回転数を最大にしても、前記期間を経過した後の前記推定温度が前記所定値以下とならない場合、前記冷却制御部が、前記ファンの回転数を規定値とした場合に、前記期間を経過した後の前記推定温度が前記所定値以下となる前記目標入気温度を決定し、前記目標入気温度にするための前

記冷却装置の出力を決定し、前記冷却装置に前記出力に変更する指示を出す、ことを特徴とする

- [3] 請求項 1 に記載の制御方法であって、  
前記ファンの回転数を最大にしても、前記期間を経過した後の前記推定温度が前記所定値以下とならない場合、前記冷却装置の出力を上げることを特徴とする制御方法。
- [4] 請求項 3 に記載の制御方法であって、  
前記冷却装置の出力を上げる際、  
前記ファンの回転数を規定値とした場合に、前記期間を経過した後の前記推定温度が前記所定値以下となる前記目標入気温度を決定し、  
前記目標入気温度にするための前記冷却装置の出力を決定する、ことを特徴とする制御方法。
- [5] 請求項 4 に記載の制御方法であって、  
前記冷却装置が複数台ある場合、前記複数の冷却装置の出力の組み合わせを複数算出し、  
前記複数の組み合わせのそれぞれに対し、前記複数の冷却装置による消費電力を算出し、  
前記消費電力をもとに、前記複数の組み合わせから組み合わせを選択し、  
前記選択された組み合わせにより、前記複数の冷却装置の出力を決定する、ことを特徴とする制御方法。
- [6] 請求項 1 に記載の制御方法であって、  
前記推定温度を算出する際、前記プロセッサの前記温度及び前記稼働率から前記プロセッサの上昇温度を算出し、前記ファンの前記回転数と前記入気温度から冷却温度を算出し、前記上昇温度から前記冷却温度を減算して前記推定温度を算出する、ことを特徴とする制御方法。
- [7] 請求項 6 に記載の制御方法であって、  
前記サーバ装置の前記プロセッサの種類を認識し、  
前記上昇温度を算出する際、前記プロセッサの前記種類に対応する稼働率

と発熱量の関係を用いて算出することを特徴とする制御方法。

[8] 請求項 1 に記載の制御方法であって、

前記推定温度が第 1 の所定値以上であり、さらに前記第 2 の所定値以下である場合に、前記期間を経過した後の前記推定温度が前記所定値以下となる前記ファンの目標回転数を決定し、

前記第 1 の所定値は、プロセッサ最適温度に第 1 の温度を加えた値であって、前記第 2 の所定値は前記プロセッサ最適温度から第 2 の温度を引いた値である、ことを特徴とする制御方法。

[9] 請求項 9 に記載の制御方法であって、

前記プロセッサ最適温度は、前記プロセッサの消費電力と、前記ファンの消費電力とにより算出する、ことを特徴とする制御方法。

[10] プロセッサとファンを有するサーバ装置と冷却装置とに接続する管理計算機による制御方法であって、

前記サーバから前記プロセッサの温度と前記ファンの回転数と前記サーバへの入気温度を取得し、

前記サーバから前記プロセッサにて実行されるジョブに関する情報を取得し、

前記ジョブに関する情報から稼働率を取得し、

前記プロセッサの前記温度及び前記稼働率と、前記ファンの前記回転数と、前記入気温度とから、予め定められた期間を経過した後の前記プロセッサの推定温度を算出し、

前記推定温度が第 1 の所定値以上である場合に、前記期間を経過した後の前記推定温度が前記所定値以下となる前記ファンの目標回転数を決定し、

前記目標回転数とするように前記サーバ装置に指示する、ことを特徴とする制御方法。

[11] サーバシステムであって、

プロセッサとファンを有し、前記プロセッサの温度及び稼働率と前記ファンの回転数と入気温度とを計測する前記サーバ装置と

前記サーバ装置及び前記冷却装置に接続し、前記プロセスの前記温度及び前記稼働率と、前記ファンの前記回転数と、前記入気温度とから、予め定められた期間を経過した後の前記プロセスの推定温度を算出し、前記推定温度が第1の所定値を以上である場合に、前記期間を経過した後の前記推定温度が前記所定値以下となる前記ファンの目標回転数を決定する管理計算機とを有する、ことを特徴とするサーバシステム。

[12]

請求項11に記載のサーバシステムであって、

さらに、冷却装置を有し、

前記管理計算機は、前記ファンの回転数を最大にしても、前記期間を経過した後の前記推定温度が前記所定値以下とならない場合、前記冷却装置の出力を上げる指示を出す、ことを特徴とするサーバシステム。

[13]

請求項12に記載のサーバシステムであって、

前記管理計算機は、前記ファンの回転数を規定値とした場合に、前記期間を経過した後の前記推定温度が前記所定値以下となる前記目標入気温度を決定し、前記目標入気温度にするための前記冷却装置の出力を決定する、ことを特徴とするサーバシステム。

[14]

請求項11に記載のサーバシステムであって、

前記管理計算機が、前記推定温度を算出する際、前記プロセスの前記温度及び前記稼働率から前記プロセスの上昇温度を算出し、前記ファンの前記回転数と前記入気温度から冷却温度を算出し、前記上昇温度から前記冷却温度を減算して前記推定温度を算出する、ことを特徴とするサーバシステム

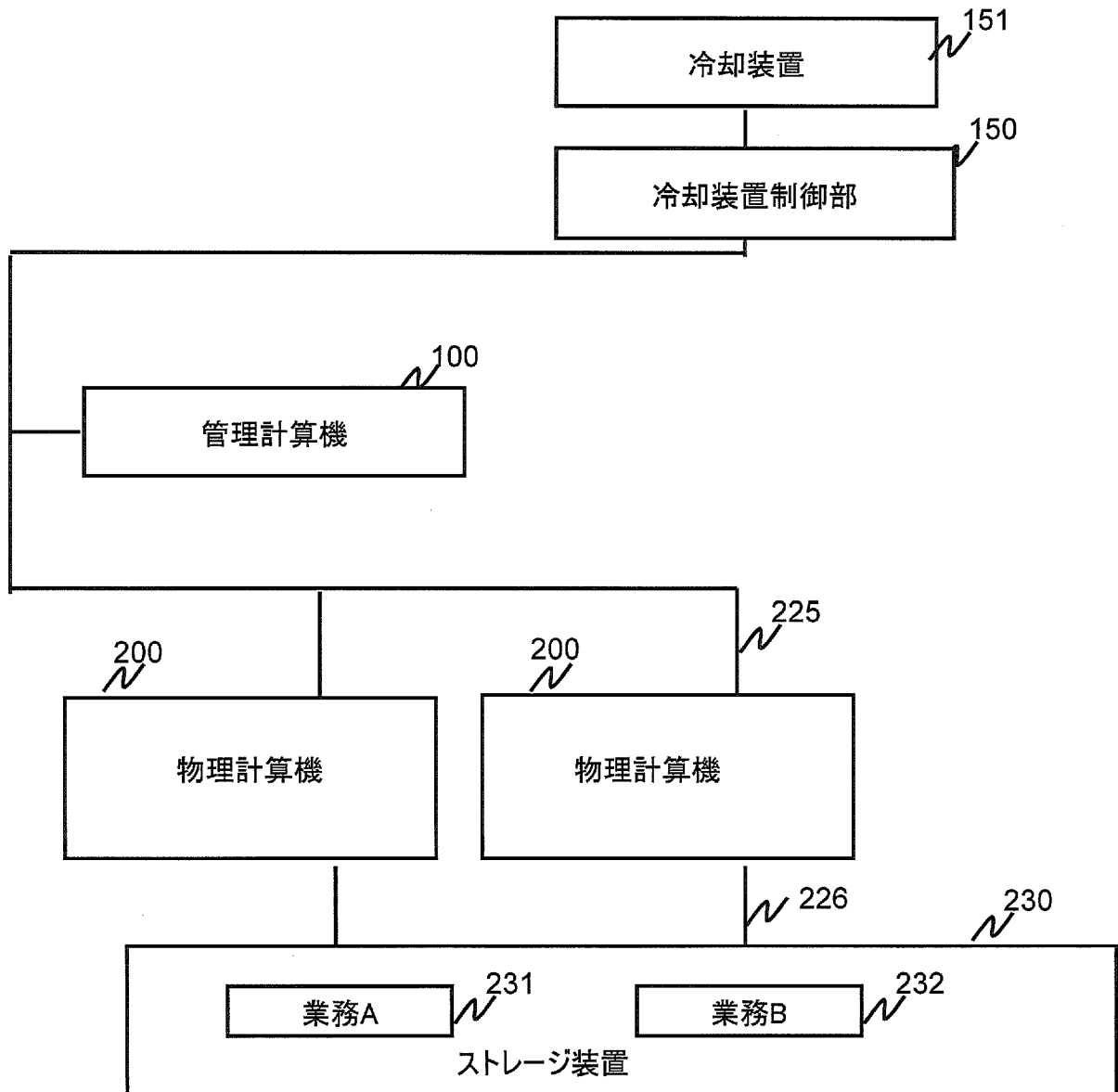
[15]

請求項14に記載のサーバシステムであって、

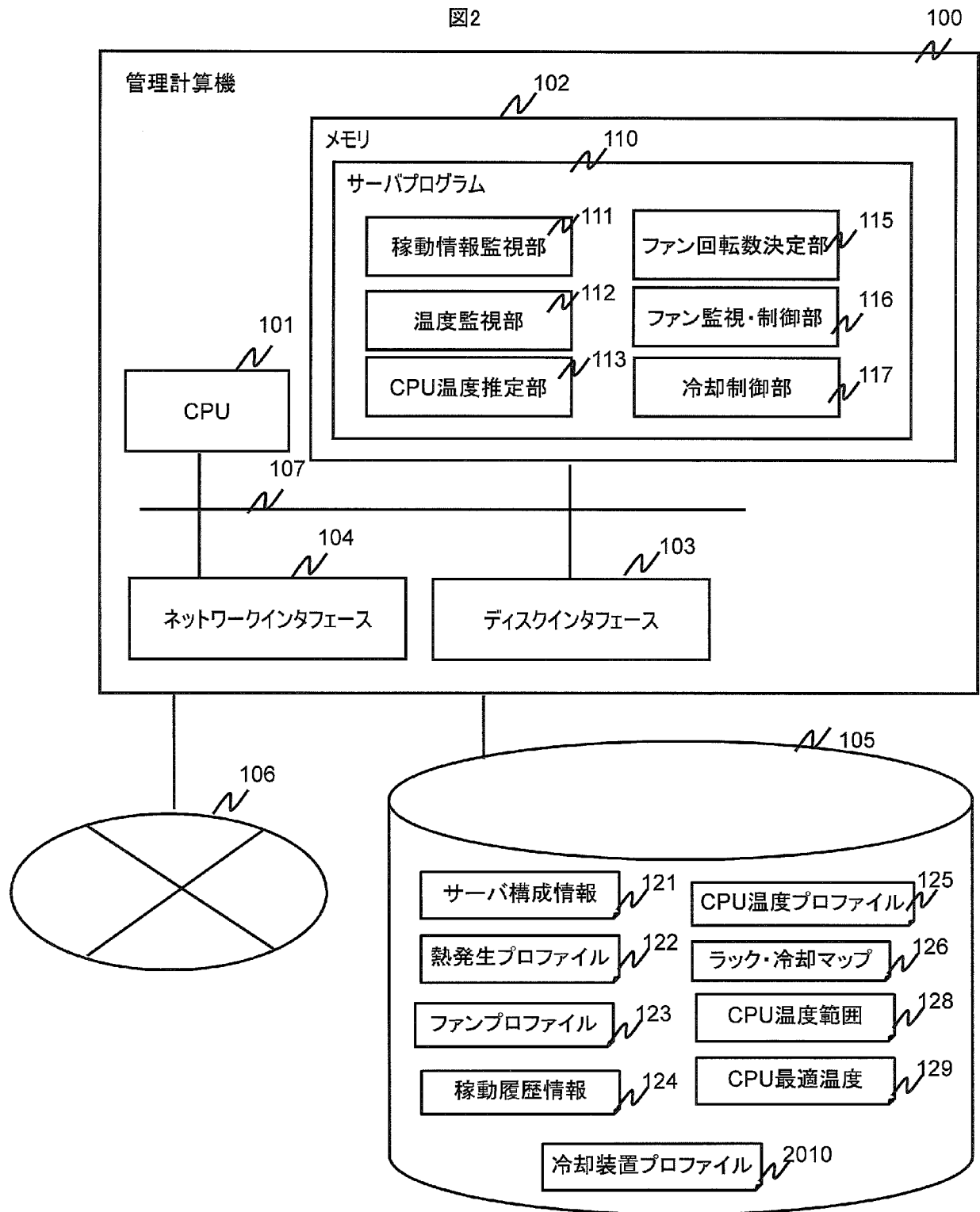
前記管理計算機は、前記サーバ装置の前記プロセスの種類を認識し、前記上昇温度を算出する際、前記プロセスの前記種類に対応する稼働率と発熱量の関係を用いて算出する、ことを特徴とするサーバシステム。

[図1]

図1

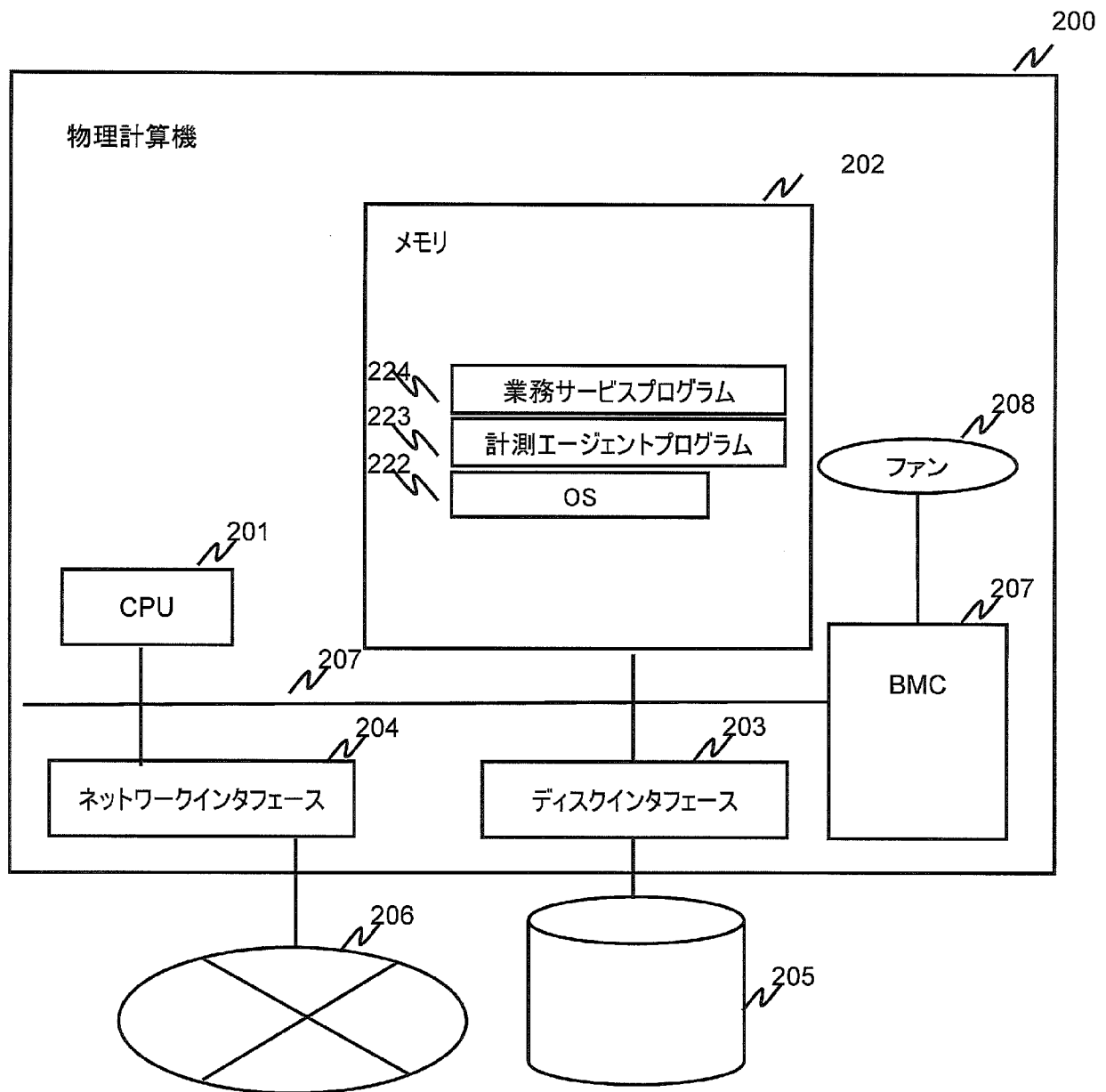


[図2]



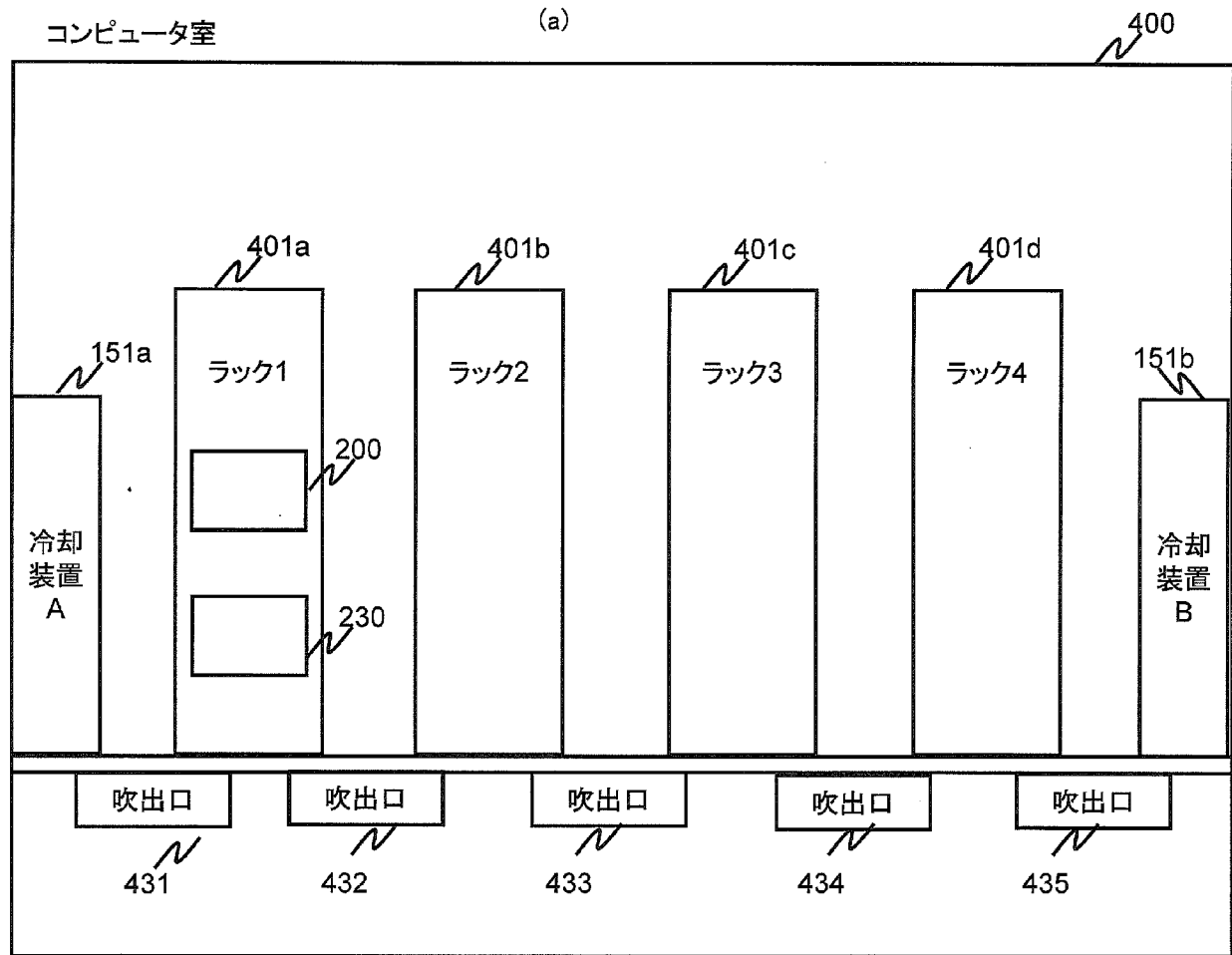
[図3]

図3

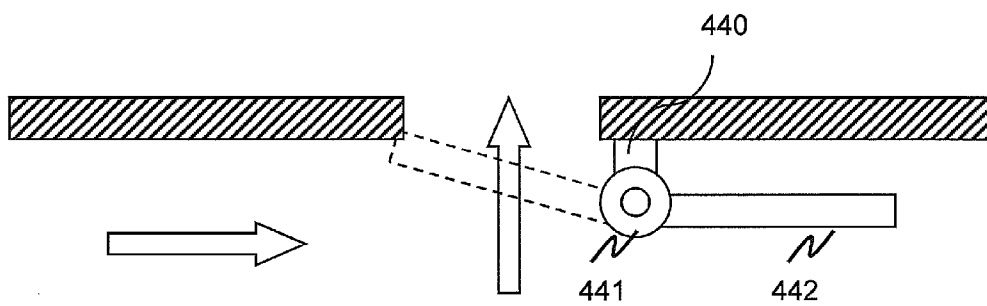


[図4]

図4



(b)



[図5]

図5

(a)

|              |                |
|--------------|----------------|
| 501<br>ラックID | 502<br>物理計算機ID |
| ラック1         | サーバ1           |
|              | サーバ2           |
|              | サーバ3           |
|              | サーバ4           |
|              | サーバ5           |
| ラック2         | サーバ6           |
|              | サーバ7           |
|              | サーバ8           |
|              | サーバ9           |
|              | サーバ10          |

500

(b)

|                |               |           |          |
|----------------|---------------|-----------|----------|
| 511<br>物理計算機ID | 512<br>シャシー番号 | 513<br>項目 | 514<br>値 |
| サーバ1           | 01            | CPU ID    | 001      |
|                |               | 動作周波数     | 3.0      |
|                |               | CPU種類     | aaa      |
| サーバ2           | —             | CPU ID    | 001      |
|                |               | 動作周波数     | 3.0      |
|                |               | CPU種類     | bbb      |
| サーバ2           | ...           | ...       | ...      |

510

[図6]

図6

| 601<br>N<br>ラックID | 602<br>N<br>冷却装置 | 603<br>N<br>前面<br>吹き出し口 | 604<br>N<br>背面<br>吹き出し口 | 126<br>N |
|-------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|----------|
| ラック1              | A                | 1                       | 5                       |          |
|                   |                  | 2                       | 6                       |          |
| ラック2              | A                | 3                       | 7                       |          |
|                   |                  | 4                       | 8                       |          |
| ラック3              | B                | 9                       | 13                      |          |
|                   |                  | 10                      | 14                      |          |
| ラック4              | B                | 11                      | 15                      |          |
|                   |                  | 12                      | 16                      |          |

[図7]

図7

(a)

| <sup>711</sup><br>N | <sup>712</sup><br>N | <sup>713</sup><br>N | <sup>714</sup><br>N | <sup>715</sup><br>N | <sup>710</sup><br>N |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Date                | Week                | Time                | CPU01               | CPU02               |                     |
| 2007/12/10          | mon                 | 11:10:00            | 20                  | 23                  |                     |
| 2007/12/10          | mon                 | 11:10:10            | 15                  | 15                  |                     |
| 2007/12/10          | mon                 | 11:10:20            | 20                  | 21                  |                     |
| 2007/12/10          | mon                 | 11:10:30            | 22                  | 21                  |                     |
| ...                 | ...                 | ...                 | ...                 | ...                 |                     |

(b)

| <sup>721</sup><br>N | <sup>722</sup><br>N | <sup>723</sup><br>N | <sup>724</sup><br>N | <sup>725</sup><br>N | <sup>726</sup><br>N | <sup>720</sup><br>N |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Date                | Week                | Time                | 計算機1                | 計算機2                | シャーシ1               |                     |
| 2007/12/10          | mon                 | 12:00:00            | 180                 | 210                 | 2700                |                     |
| 2007/12/10          | mon                 | 12:10:00            | 170                 | 200                 | 2600                |                     |
| 2007/12/10          | mon                 | 12:20:00            | 191                 | 180                 | 2780                |                     |
| 2007/12/10          | mon                 | 12:30:00            | 190                 | 176                 | 2540                |                     |
| ...                 | ...                 | ...                 | ...                 | ...                 | ...                 |                     |

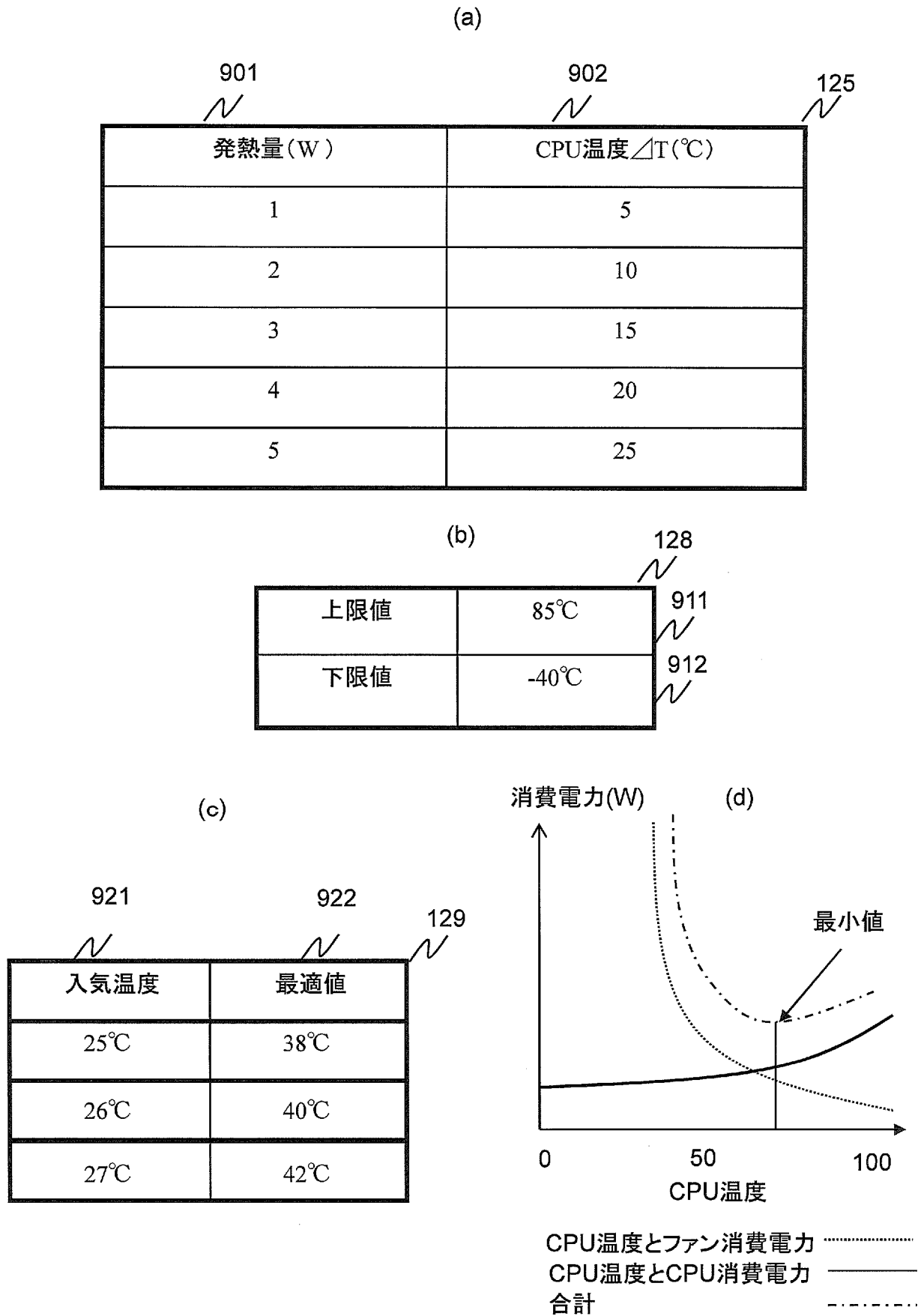
[図8]

図8

| 稼働率(%)<br>801 | 発熱量(W)<br>802 |
|---------------|---------------|
| 0             | 20            |
| 10            | 21            |
| 20            | 22            |
| 30            | 23            |
| 40            | 24            |
| 50            | 25            |
| 60            | 26            |
| 70            | 27            |
| 80            | 28            |
| 90            | 29            |
| 100           | 30            |

[図9]

図9



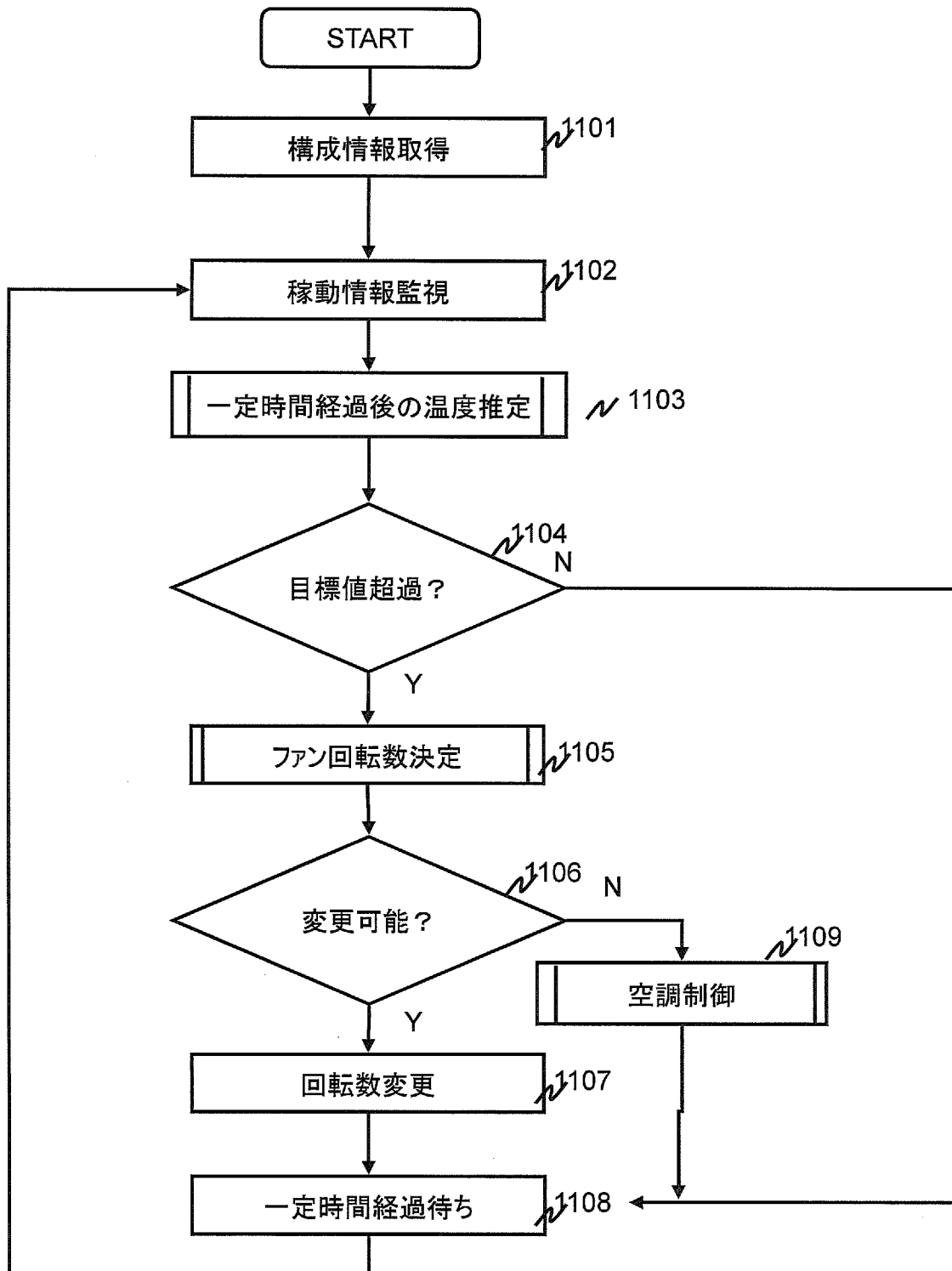
[図10]

図10

|      |                                      |                               |                               |                               |
|------|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 回転数  | CPU温度変化 $\Delta T(^{\circ}\text{C})$ |                               |                               |                               |
|      | 入気温度<br>21 $^{\circ}\text{C}$        | 入気温度<br>22 $^{\circ}\text{C}$ | 入気温度<br>23 $^{\circ}\text{C}$ | 入気温度<br>24 $^{\circ}\text{C}$ |
| 1000 | -1.5                                 | -1.3                          | -1.2                          | -1.1                          |
| 2000 | -2.0                                 | -1.9                          | -1.8                          | -1.7                          |
| 3000 | -2.8                                 | -2.2                          | -2.0                          | -1.8                          |
| 4000 | -2.9                                 | -2.5                          | -2.3                          | -1.9                          |
| 5000 | -3.0                                 | -2.6                          | -2.3                          | -2.0                          |

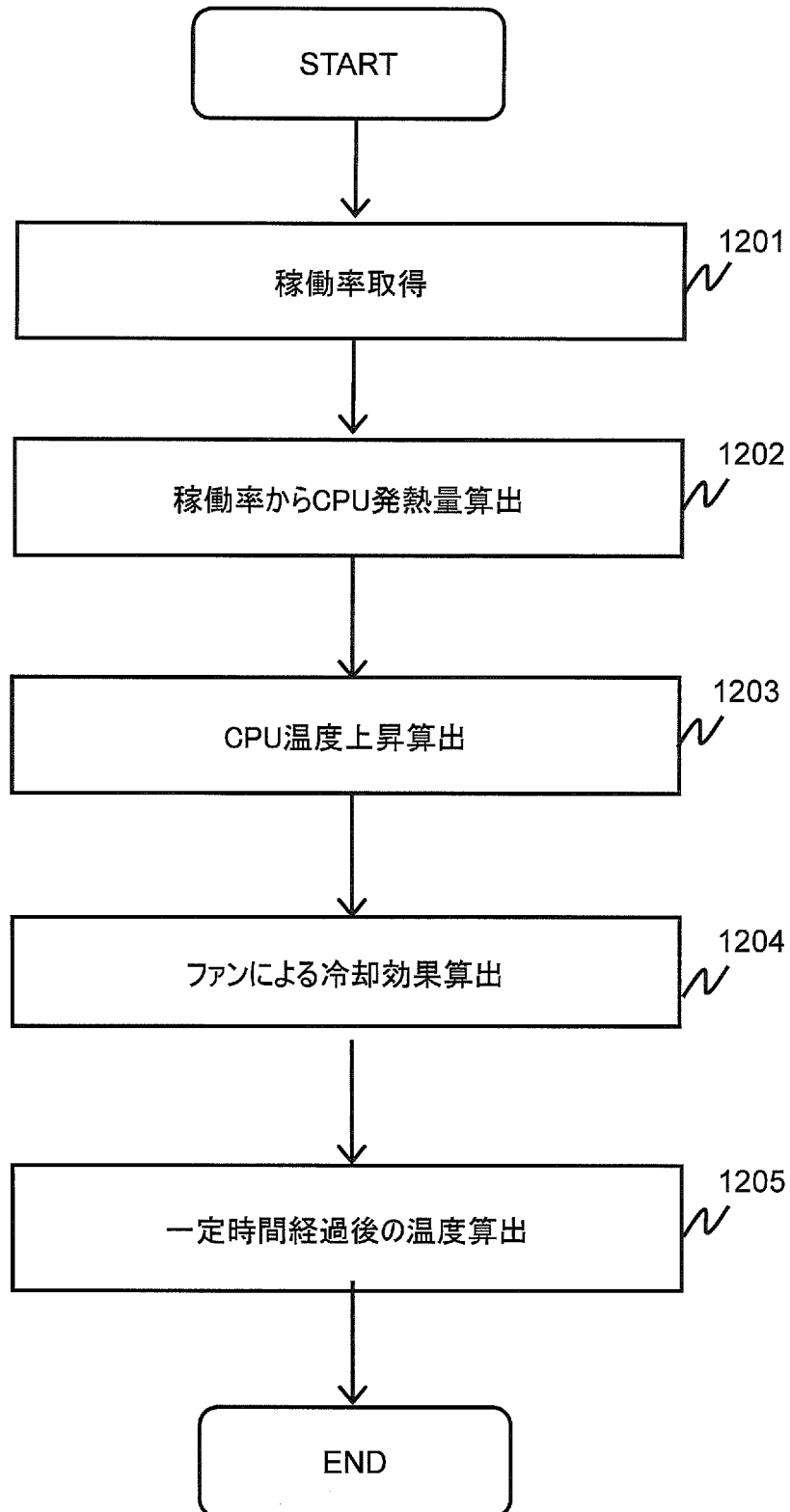
[図11]

図11



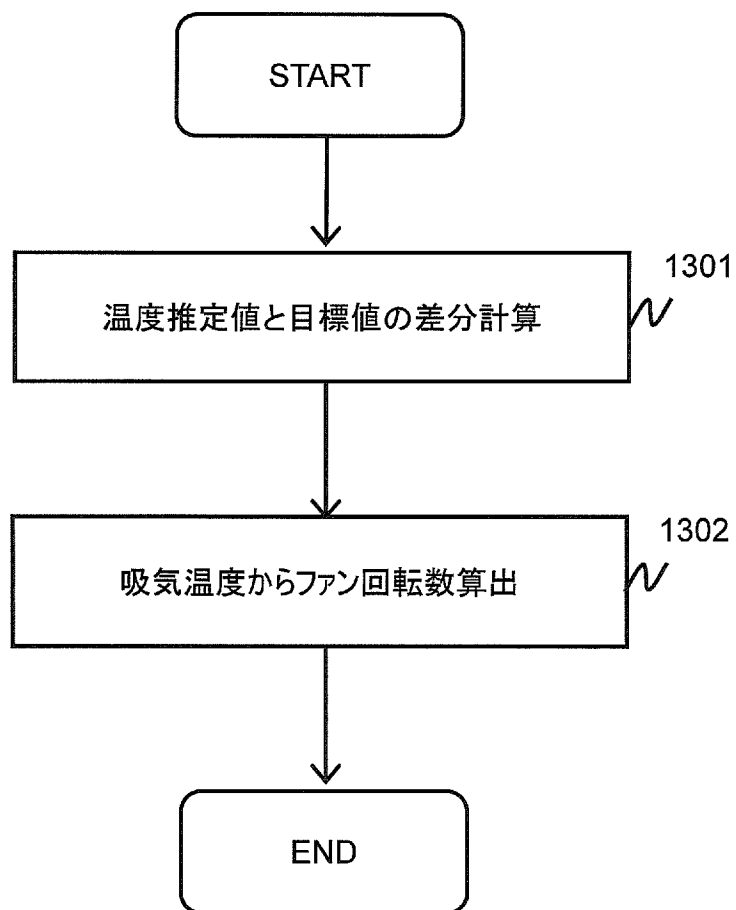
[図12]

図12

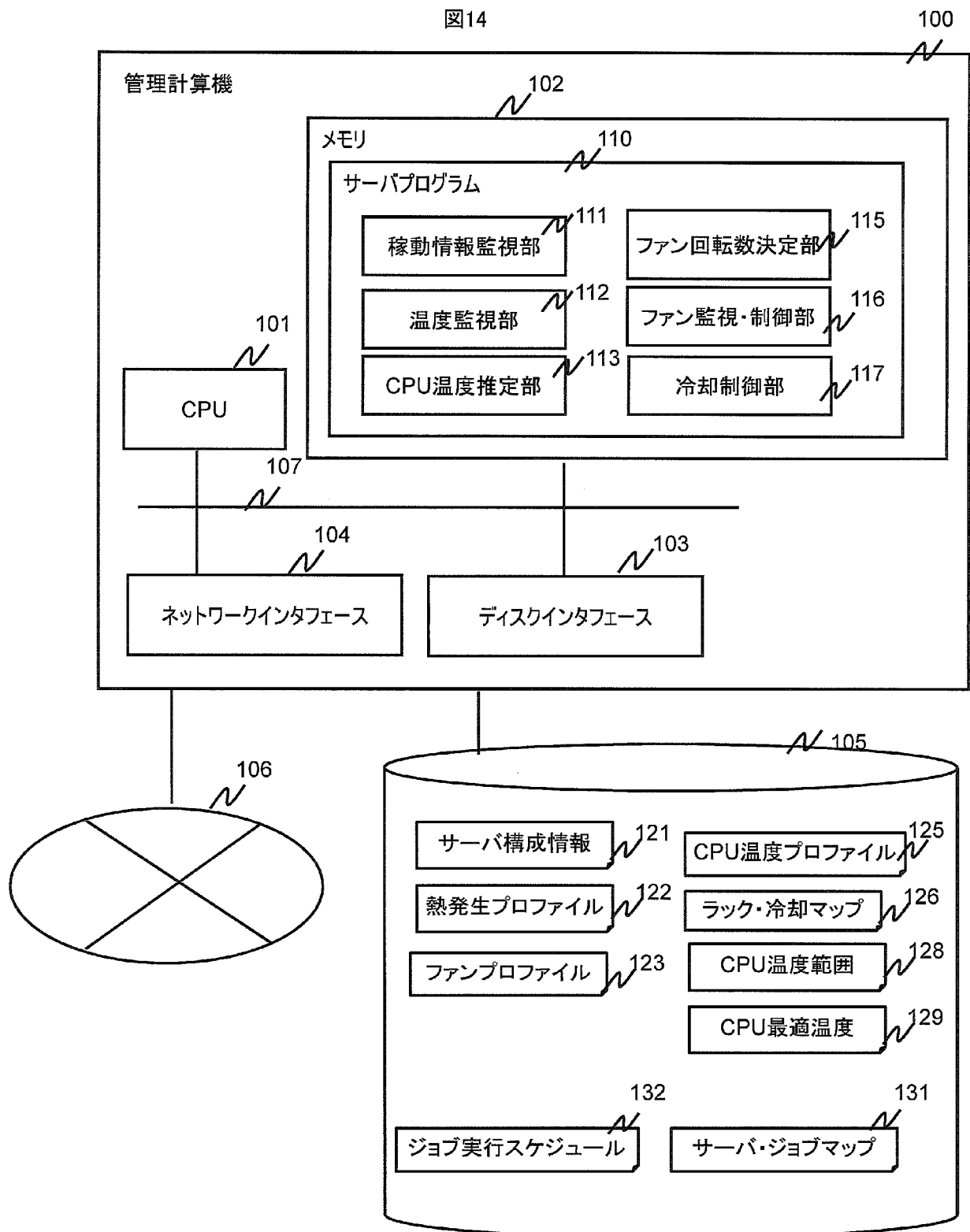


[図13]

図13



[図14]



[図15]

図15

(a)

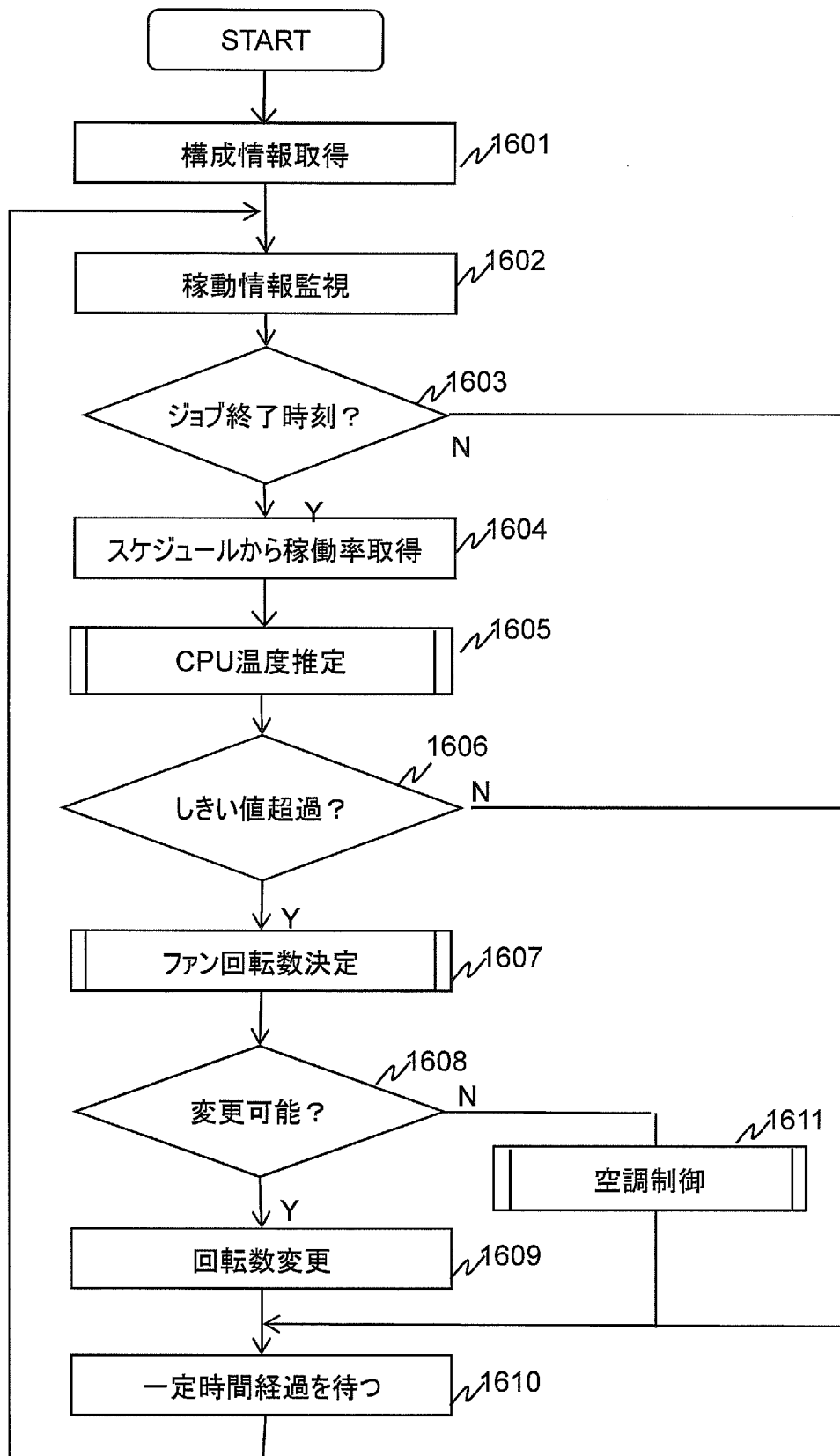
| 物理計算機ID | ジョブ種別 |
|---------|-------|
| サーバ1    | A     |
| サーバ2    | B     |
| サーバ3    | C     |

(b)

| Date       | Week | Start Time | End Time | ジョブID | 平均CPU稼働率 |
|------------|------|------------|----------|-------|----------|
| 2008/09/22 | Mon  | 00:00:00   | 08:00:00 | ジョブ1  | 80       |
| 2008/09/22 | Mon  | 08:00:00   | 09:00:00 | ジョブ2  | 70       |
| 2008/09/22 | Mon  | 12:00:00   | 13:00:00 | ジョブ3  | 70       |
| 2008/09/22 | Mon  | 13:00:00   | 15:00:00 | ジョブ4  | 75       |
| ...        |      | ...        | ...      | ...   | ...      |

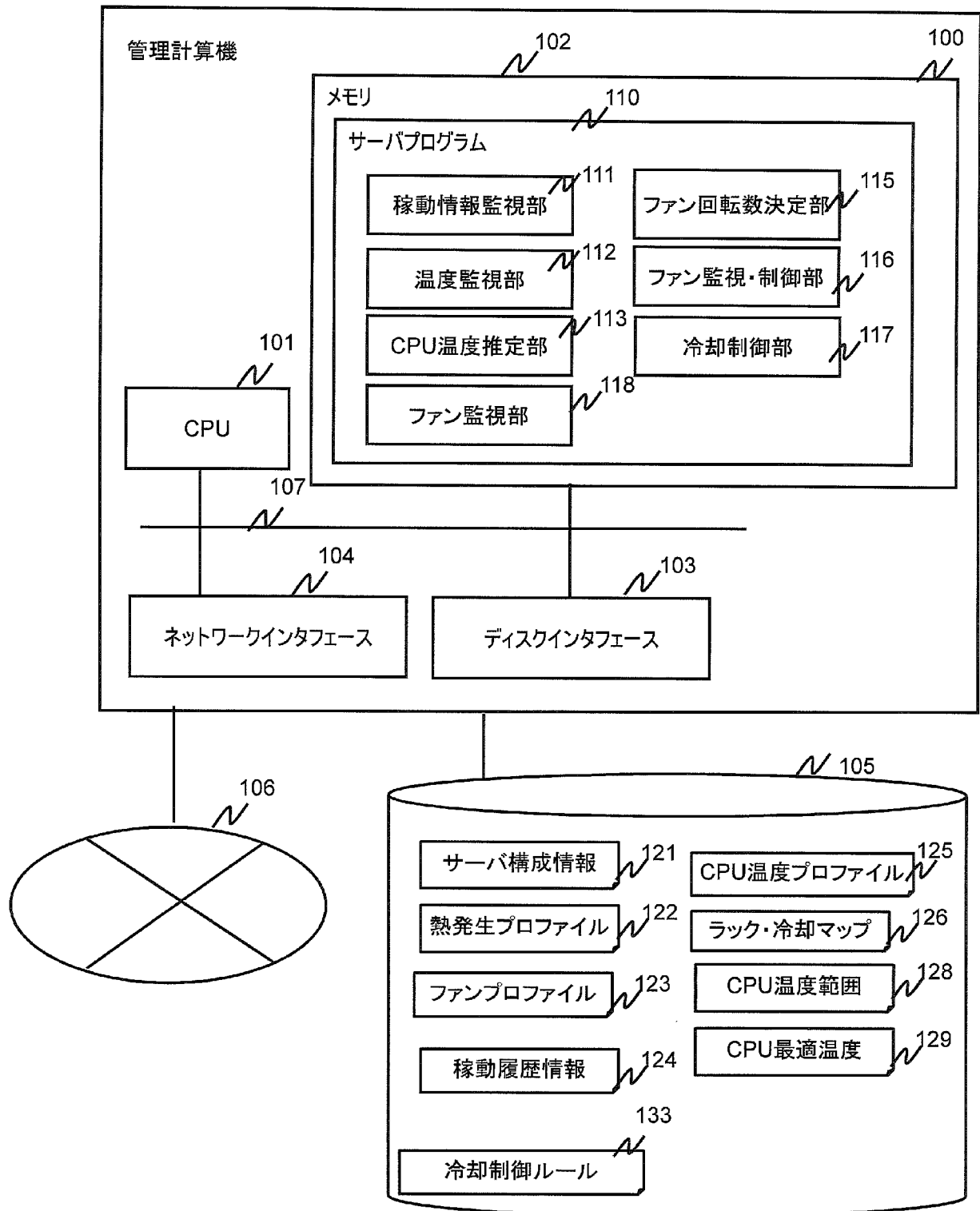
[図16]

図16



[図17]

図17



[図18]

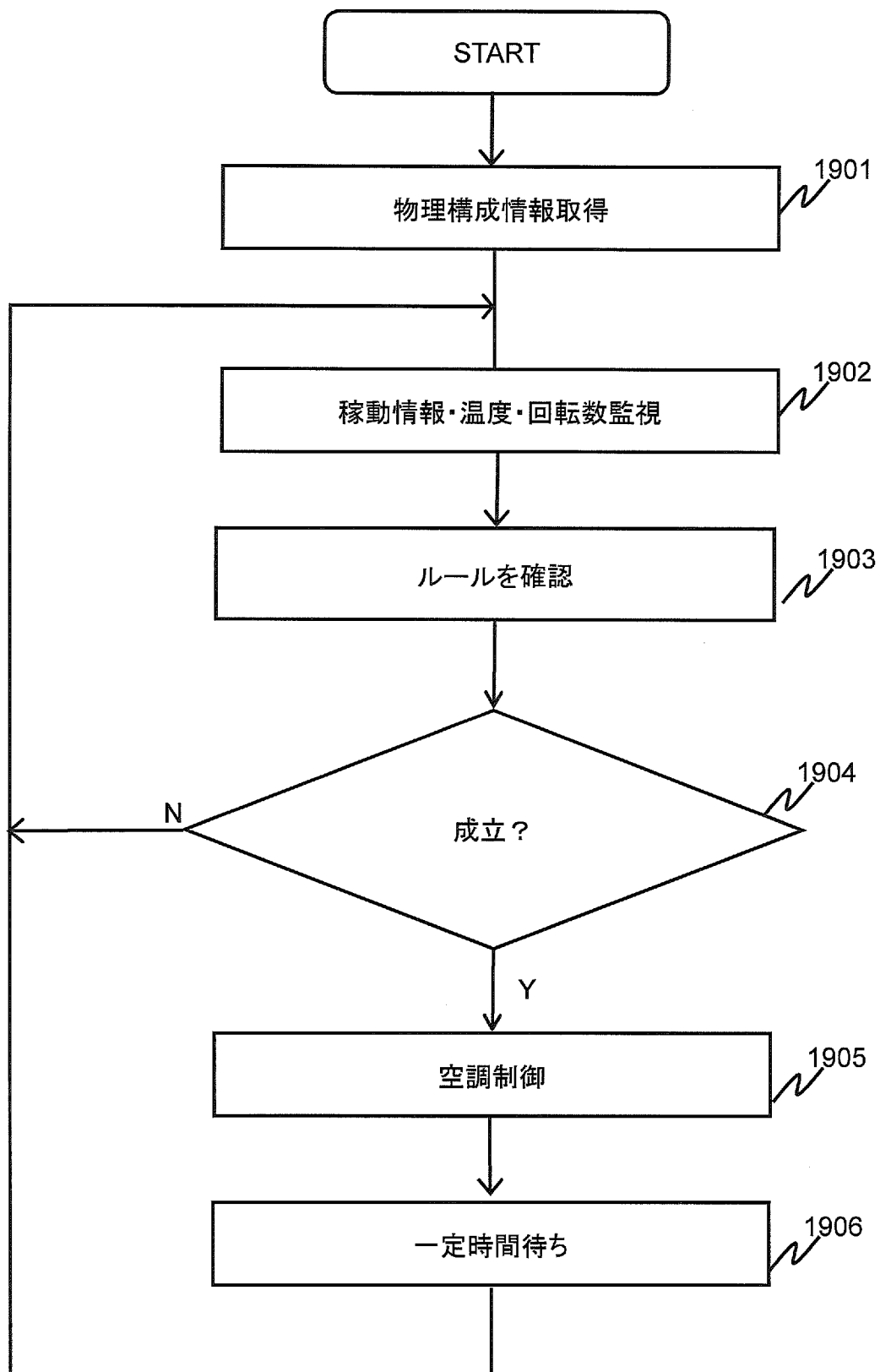
図18

|              |              |
|--------------|--------------|
| 1011<br>評価項目 | 1012<br>しきい値 |
| CPU温度        | 60℃          |
| 排気温度         | 40℃          |
| ファン回転数       | 10000        |

|       |       |
|-------|-------|
| 空調出力  | 5(最大) |
| 吹き出し口 | 100%  |

[図19]

図19



[図20]

図20

2010  
N

2012  
N

2011  
N

2013  
N

| 段階 | ラック1<br>温度変化 | ラック2<br>温度変化 | ラック3<br>温度変化 | ラック4<br>温度変化 | 消費電力 |
|----|--------------|--------------|--------------|--------------|------|
| 1  | -1.0         | -1.0         | -1.0         | -1.0         | 50kW |
| 2  | -1.5         | -1.2         | -2.0         | -1.1         | 70kW |
| 3  | -2.0         | -1.3         | -1.8         | -1.1         | 90kW |

2021  
N

2021  
N

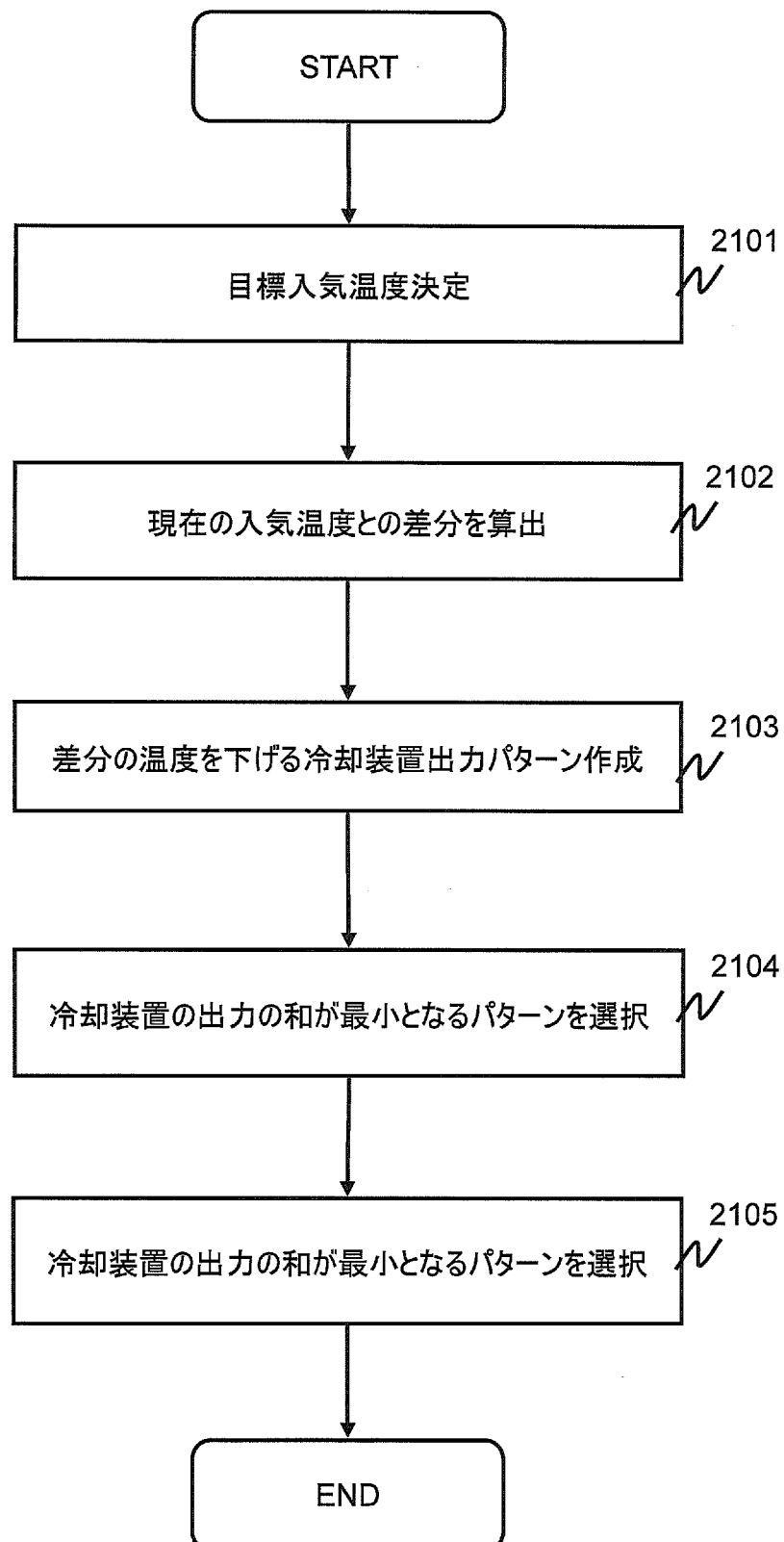
2023  
N

2030  
N

| 組み合わせ | 冷却装置A<br>出力 | 冷却装置B<br>出力 | 消費電力  |
|-------|-------------|-------------|-------|
| 1     | 1           | 3           | 100kW |
| 2     | 2           | 2           | 160kW |
| 3     | 3           | 1           | 180kW |

[図21]

図21



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/000806

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F1/28(2006.01) i, G06F1/20(2006.01) i, G06F1/26(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06F1/28, G06F1/20, G06F1/26

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

|                           |           |                            |           |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho       | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2009 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2009 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2009 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                            | Relevant to claim No. |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y         | JP 2006-208000 A (Hewlett-Packard Development Co., L.P.),<br>10 August, 2006 (10.08.06),<br>Par. Nos. [0007] to [0048]; Figs. 1 to 6<br>& US 2006/0168975 A1 & GB 2423573 A   | 1-15                  |
| Y         | US 2007/0067136 A1 (David G. Conroy),<br>22 March, 2007 (22.03.07),<br>Claims; Par. Nos. [0024], [0040] to [0143];<br>Figs. 1 to 10<br>& WO 2007/024403 A2 & JP 2009-506424 A | 1-15                  |
| Y         | JP 2007-041739 A (NEC Access Technica, Ltd.),<br>15 February, 2007 (15.02.07),<br>Par. Nos. [0016] to [0030]; Figs. 1 to 2<br>(Family: none)                                  | 1-15                  |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date  
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
19 May, 2009 (19.05.09)

Date of mailing of the international search report  
02 June, 2009 (02.06.09)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2009/000806

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                     | Relevant to claim No. |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y         | JP 2002-175131 A (NEC Yonezawa, Ltd.),<br>21 June, 2002 (21.06.02),<br>Par. No. [0044]; Figs. 3 to 4<br>(Family: none) | 1-15                  |

## A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G06F1/28(2006.01)i, G06F1/20(2006.01)i, G06F1/26(2006.01)i

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G06F1/28, G06F1/20, G06F1/26

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

|             |                     |
|-------------|---------------------|
| 日本国実用新案公報   | 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1 9 7 1 - 2 0 0 9 年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1 9 9 6 - 2 0 0 9 年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1 9 9 4 - 2 0 0 9 年 |

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                                                                | 関連する<br>請求項の番号 |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Y               | JP 2006-208000 A（ヒューレット・パッカー・デベロップメント・カンパニー・エル・ピー・）2006.08.10, 段落【0007】－【0048】、【図1】－【図6】 & US 2006/0168975 A1 & GB 2423573 A     | 1－15           |
| Y               | US 2007/0067136 A1 (David G. Conroy) 2007.03.22, Claims, [0024], [0040]－[0143], Fig. 1-10 & WO 2007/024403 A2 & JP 2009-506424 A | 1－15           |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）  
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献  
「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 9 . 0 5 . 2 0 0 9

国際調査報告の発送日

0 2 . 0 6 . 2 0 0 9

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

安島 智也

5 E

9 7 4 1

電話番号 03-3581-1101 内線 3521

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                     |                |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 引用文献の<br>カテゴリー*       | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                   | 関連する<br>請求項の番号 |
| Y                     | JP 2007-041739 A (NECアクセステクニカ株式会社) 2007.02.15, 段落【0016】－【0030】, 【図1】－【図2】 (ファミリーなし) | 1－15           |
| Y                     | JP 2002-175131 A (米沢日本電気株式会社) 2002.06.21, 段落【0044】, 【図3】－【図4】 (ファミリーなし)             | 1－15           |

## Exhibit B



- (51) International Patent Classification  
**G06F 1/28** (2006.01) **G06F 1/26** (2006.01)  
**G06F 1/20** (2006.01)
- (21) International Application Number:  
PCT/JP2009/000806
- (22) International filing date: 24 February 2009  
(24.02.2009)
- (25) International filing language: Japanese
- (26) International publication language: Japanese
- (30) Priority data:  
Patent Application 2008-280698, 31 October 2008  
(31.10.2008) JP
- (71) Applicant (For all designated states except US):  
HITACHI, LTD., JP/JP; 1-6-6 Marunouchi,  
Chiyoda-ku, Tokyo 1008280 (JP).
- (72) Inventor; and
- (75) Inventor/Applicant (for US only): **SHIGA, Yoko**  
[JP/JP]; c/o Systems Development Laboratory,  
Hitachi, Ltd., 1099 Ozenji, Asao-ku, Kawasaki  
City, Kanagawa Prefecture 2150013 (JP). **KATO,**

**Takeshi** [JP/JP]; c/o Central Research Laboratory,  
Hitachi, Ltd., 1-280, Higashi-Koigakubo,  
Kokubunji City, Tokyo 1858601 (JP). **TAKAMOTO, Yoshifumi** [JP/JP]; c/o Software  
Business Division, Hitachi, Ltd., 5030  
Totsuka-cho, Totsuka-ku, Yokohama City,  
Kanagawa Prefecture 2448555 (JP). **HAYASHI,**  
**Sinichi** [JP/JP]; c/o Systems Development  
Laboratory, Hitachi, Ltd., 1099 Ozenji, Asao-ku,  
Kawasaki City, Kanagawa Prefecture 2150013  
(JP).

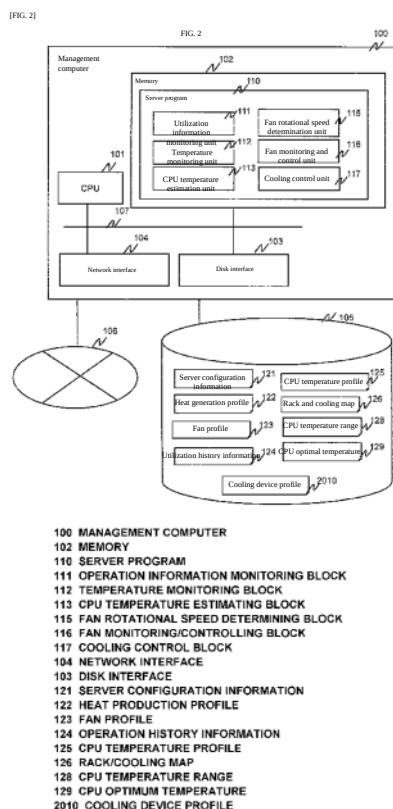
(74) Agent: **WILLFORT INTERNATIONAL**;  
Kanda Center Bldg. 5F, 2-3-2 Kaji-cho,  
Chiyoda-ku, Tokyo 1010044 (JP).

(81) Designated states (unless otherwise indicated, for  
every kind of national protection available): AE,  
AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,  
BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU,  
CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,  
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL,  
IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC,

[continuation sheet]

(54) Title: PHYSICAL COMPUTER, METHOD FOR CONTROLLING COOLING DEVICE, AND SERVER SYSTEM

(54) Title of the invention: Physical computer, method for controlling cooling device, and server system



(57) Abstract: Cooling control for reducing the overall power consumption of a system is determined. A method for controlling a management computer connected to a server device having a processor and a fan and a cooling device is characterized in that the temperature and operating rate of the processor, the rotational speed of the fan, and the temperature of the air sent into the server are acquired from the server, the temperature of the processor after a predetermined time elapse is estimated by calculation on the basis of the temperature and operating rate of the processor, the rotational speed of the fan, and the temperature of the sent air, the target rotational speed of the fan at which the estimated temperature after the time elapse is below a first predetermined value is determined if the estimated temperature is above the first predetermined value, and the server device is instructed to change the rotational speed to the target one.

(57) Abstract: Cooling control for reducing overall power consumption of a system is determined. A control method of a management computer which is connected to a server device having a processor and a fan and to a cooling device, the control method being characterized in that the temperature and utilization rate of the processor, the rotational speed of the fan, and the intake air temperature at the server are acquired from the server, the estimated temperature of the processor after a predetermined time period elapses is calculated on the basis of the temperature and utilization rate of the processor, the rotational speed of the fan, and the intake air temperature, and if the estimated temperature is not less than a first predetermined value, a target rotational speed of the fan at which the estimated temperature after said time period elapses will be not greater than said predetermined value is determined, and the server device is instructed to set said target rotational speed.



LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**(84)** Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian (AM,

Published with:

— International Search Report (Art 21 (3))

## Specification

### Physical computer, method for controlling cooling device, and server system

#### Technical Field

[0001] The present invention relates to a physical computer and cooling device control method, particularly to a method for controlling the output of fans in physical computers and cooling devices according to CPU utilization rate.

#### Background Art

[0002] Due to performance improvement of processors and the emergence of high-density IT (Information Technology) equipment such as blade servers, the increase in power consumption of IT systems has become a major problem. To address this problem, while development of technologies to reduce power consumption such as low-power processors and high-efficiency cooling systems is proceeding, there are limits to power savings at the individual device level, and efforts encompassing the entire computer room including IT systems and cooling devices are necessary to obtain greater power savings effects.

[0003] The current cooling of IT systems will be described. Components such as CPUs and memory generate heat accompanying increases in server utilization rate. The server comprises cooling fans and detects the temperature inside the server enclosure, and when the temperature exceeds a fixed threshold value, air flow is generated to cool the heat-generating components. The heat is evacuated outside the enclosure by this air flow. Regarding the control of these cooling fans, an invention that controls fans based on temperature and temperature change of heat-generating components to optimize cooling is disclosed in Patent Document 1. An invention that controls fans based on the temperature and temperature change of heat-generating components to optimize cooling is furthermore disclosed in Patent Document 2.

[0004] Moreover, cooling devices are installed in a computer room where servers are installed to cool the heat generated by the equipment, and such devices determine their output based on temperature from fixed sensors to maintain a constant temperature in the room. However, it is difficult to make the temperature uniform in a computer room due to variations in heat emitted by IT equipment and the arrangement of the equipment. Regarding the control of these cooling devices, an invention that monitors air flow in a machine room and performs ventilation according to air flow is disclosed in Patent Document 3.

[0005] When there are large temperature variations in the computer room, equipment in areas of heat accumulation may become unstable in operation due to CPU thermal runaway, or the CPU temperature control circuit may activate, forcibly reducing processing performance or shutting down. To avoid malfunctions due to forced shutdown, an invention is disclosed in Patent Document 4 that controls heat dissipation through hibernation when temperature exceeds a fixed value to avoid failures and shutdown.

[0006] Additionally, a method is disclosed in Patent Document 5 that predicts temperature after a certain period of time elapses based on the current processing details of the CPU, CPU temperature characteristics, and user instructions input from the outside, and transfers CPU processing to another CPU if the predicted temperature exceeds a reference value.

[0007] Patent Document 1: Japanese Unexamined Patent Application Publication 2002-268775

Patent Document 2: Japanese Unexamined Patent Application Publication 2008-84173

Patent Document 3: Japanese Unexamined Patent Application Publication 2006-208000

Patent Document 4: Japanese Unexamined Patent Application Publication 2008-158787

Patent Document 5: Japanese Unexamined Patent Application Publication 2007-241376

## **Disclosure of the Invention**

### **Problem to be Solved by the Invention**

[0008] In the future, rather than cooling the entire computer room uniformly with large-scale cooling devices to eliminate temperature deviations, cooling devices that can control temperature locally will become important. For example, directional cooling devices and rack-level cooling devices that mount on the rear surface of racks are already being shipped. Additionally, for equipment that performs cooling using cold air from beneath the floor, control of opening and closing of floor grating plates (perforated tiles) changes ventilation points from beneath the floor to concentrate cooling on high-temperature locations.

[0009] Furthermore, there is a delay between when the utilization rate of heat-generating components increases and heat is generated and when that heat is detected by temperature sensors. There is also further delay from when temperature rise is

detected and fan and air conditioning output increases until actual cooling effects appear. Therefore, when burst loads occur, even if fan output increases, temperature temporarily rises before settling at a temperature allowing subsequent stable operation. However, when a CPU's own temperature rises, its leakage current increases exponentially, requiring more power for cooling.

[0010] As a result, when cooling capacity is insufficient, operation may become unstable due to CPU thermal runaway, or the CPU temperature control circuit may activate, forcibly reducing processing performance or shutting down. Even if forced shutdown is avoided through hibernation, processing must be interrupted.

[0011] Additionally, even if a server's cooling fans increase rotational speed, if there is insufficient air flow at the server rear surface, heat may spread to surrounding equipment rather than being carried to exhaust vents, potentially leading to temperature rise and failures in other equipment. Since current cooling devices adjust output based on temperature information measured at a single point, air conditioning will not engage until heat generated at one server circulates around to that measurement point, allowing such situations to occur.

### **Means for Solving the Problem**

[0012] To achieve the aforesaid object, the control method of the present invention is a control method of a management computer which is connected to a server device having a processor and a fan and to a cooling device, the control method being characterized in that the temperature and utilization rate of the processor, the rotational speed of the fan, and the intake air temperature at the server are acquired from the server, the estimated temperature of the processor after a predetermined time period elapses is calculated on the basis of the temperature and utilization rate of the processor, the rotational speed of the fan, and the intake air temperature, and if the estimated temperature is not less than a first predetermined value, a target rotational speed of the fan at which the estimated temperature after said time period elapses will be not greater than said predetermined value is determined, and the server device is instructed to set said target rotational speed.

[0013] Furthermore, the server system of the present invention is a server system characterized in that it comprises the server device, which has a processor and a fan, and measures the temperature and utilization rate of the processor, the rotational speed of the fan, and the intake air temperature; and a management computer which is connected to the server device and to the cooling device and which calculates the

estimated temperature of the processor after a predetermined time period elapses on the basis of the temperature and utilization rate of the processor, the rotational speed of the fan, and the intake air temperature, and determines a target rotational speed of the fan at which the estimated temperature after said time period elapses will be not greater than said predetermined value if the estimated temperature is not less than a first predetermined value.

### **Effect of the Invention**

[0014] According to the present invention, by cooling CPUs in advance and maintaining optimal temperature, power consumption due to leakage current can be minimized and cooling efficiency can be increased.

### **Brief Description of the Drawings**

[0015] [FIG. 1] is an example of a system configuration diagram showing the system configuration of a first embodiment example of the present invention.  
[FIG. 2] is an example of a configuration diagram showing the hardware configuration of the power savings control server of the first embodiment example of the present invention.  
[FIG. 3] is an example of a configuration diagram showing the hardware configuration of the physical computer that is the managed object of the first embodiment example of the present invention.  
[FIG. 4] (a) is an example of an interior configuration diagram of the computer room of the first embodiment example of the present invention; (b) is an example of a cross-sectional view of essential parts, showing the relationship between motors and air outlets installed in the computer room floor.  
[FIG. 5] is an example of a configuration diagram showing the server configuration information of the first embodiment example of the present invention.  
[FIG. 6] is an example of a configuration diagram showing the rack and cooling map of the first embodiment example of the present invention.  
[FIG. 7] is an example of a configuration diagram showing utilization information and power consumption information in the first embodiment example of the present invention.  
[FIG. 8] is an example of a configuration diagram showing the heat generation profile in the first embodiment example of the present invention.  
[FIG. 9] is an example of a configuration diagram showing the CPU temperature profile in the first embodiment example of the present invention.  
[FIG. 10] is an example of a configuration diagram showing the fan profile in the first embodiment example of the present invention.  
[FIG. 11] is an example of a flowchart showing the power savings control flow in the first embodiment example of the present invention.

[FIG. 12] is an example of a flowchart showing the CPU temperature estimation flow in the first embodiment example of the present invention.

[FIG. 13] is an example of a flowchart showing the fan rotational speed determination flow in the first embodiment example of the present invention.

[FIG. 14] is an example of a system configuration diagram showing the system configuration of a second embodiment example of the present invention.

[FIG. 15] is an example of a configuration diagram showing the job execution schedule and server/job map of the second embodiment example of the present invention.

[FIG. 16] is an example of a flowchart showing the power savings control flow in the second embodiment example of the present invention.

[FIG. 17] is an example of a system configuration diagram showing the system configuration of a third embodiment example of the present invention.

[FIG. 18] is an example of a configuration diagram showing the cooling control rules of the third embodiment example of the present invention.

[FIG. 19] is an example of a flowchart showing the power savings control flow in the third embodiment example of the present invention.

[FIG. 20] is an example of the cooling device profile of the first embodiment example of the present invention.

[FIG. 21] is an example of a flowchart of the cooling device unit of the first embodiment example of the present invention.

### **Description of Reference Symbols**

- [0016] 110...power savings control server, 111...utilization information monitoring unit, 112...temperature monitoring unit, 113...CPU temperature estimation unit, 114...cooling control determination unit, 115...fan rotational speed determination unit, 116...fan monitoring and control unit, 117...cooling control unit, 121...server configuration information, 122...heat generation profile, 123...fan profile, 124...server utilization history, 125...CPU temperature profile, 126...rack and cooling map, 127...cooling profile, 200...physical computer, 223...measurement agent

### **[Best mode for carrying out the invention]**

- [0017] Several embodiments of the present invention will be described below using the drawings.

### **Embodiment Example 1**

[0018] FIG. 1 shows the system configuration of an embodiment example of the present invention. The system configuration of the present embodiment example is an information processing system or storage systems or the like. For example, the system may be configured to comprise one management computer 100, one or more physical computers 200, one or more storage devices 230, a cooling device 151 that cools the computer room where the management computer 100, the physical computers 200, and the storage devices 230 are installed, and a cooling device control unit 150 that controls the cooling device 151. The management computer 100, physical computers 200, and cooling device 151 are connected via a management network 225. Additionally, the physical computers 200 and storage devices 230 are connected via, for example, a fiber channel network 226. Here, the cooling device control unit 150 may be stored as a program in the memory of a physical computer to perform centralized control of the cooling device 151. Also, the cooling device control unit 151 may be stored as a program in the memory within the management computer.

[0019] FIG. 2 shows the management computer 100 in an embodiment example of the present invention.

[0020] An overview of the operation of the management computer 100 will be presented. Detailed description will be provided with reference to the drawings below. The management computer 100 manages the physical computer 200, the storage device 230, and the cooling device control unit 150. It exchanges information with multiple physical computers 200 and detects the utilization status of the multiple physical computers 200. According to the detected utilization status of the multiple physical computers 200, it individually controls the cooling device 151 through the cooling device control function 151. Additionally, according to the detected utilization status of the multiple physical computers 200, it controls the fan rotational speed and cooling devices of the multiple physical computers 200.

[0021] The management computer 100 comprises a central processing unit (CPU) 101, a storage device 105 such as a hard disk device or flash memory, a memory 102, a bus 107, a network interface 104, and a disk interface 103.

[0022] The server program 110 is stored in the memory 102. The server program includes a utilization information monitoring unit 111, temperature monitoring unit 112, CPU temperature estimation unit 113, fan rotational speed determination unit 115, fan

monitoring and control unit 116, and cooling control unit 117. These programs are initially stored in the magnetic disk 105, and are executed by the CPU 101 after being transferred to the memory 102 as necessary. The utilization information and power monitoring unit 111 collects utilization information and power consumption information from the physical computers 200. The temperature monitoring unit 112 acquires the intake air temperature, CPU temperature, and exhaust temperature of the physical computers. The fan monitoring and control unit 116 acquires information about the fan rotational speed and issues instructions to modify the fan rotational speed. The CPU temperature estimation unit 113 estimates the temperature of the CPU built into the physical computer after a certain period of time. The fan rotational speed determination unit 115 determines the fan rotational speed needed to lower the CPU temperature to a target value after a certain period of time. The cooling control determination unit 114 acquires the rack and cooling map 126 and determines the output of the cooling device 151. The cooling control unit 117 issues instructions to control the output of the cooling device 151.

[0023] The utilization information history 124, server configuration information 121, heat generation profile 122, fan profile 123, CPU temperature profile 125, cooling device profile 127, CPU temperature range 128, optimal CPU temperature 129, rack and cooling map 126, and cooling device profile 2010 are stored in the storage device 105.

[0024] FIG. 3 shows the hardware configuration of the physical computer 200 in an embodiment example of the present invention.

[0025] The physical computer 200 comprises a central processing unit (CPU) 201, memory 202, storage devices such as a hard disk device and flash memory 205, a bus 207, network interface 204, disk interface 203, fan 208, and BMC (Baseboard Management Controller) 207.

[0026] The BMC 207 performs monitoring of the server intake air temperature, exhaust temperature, and CPU temperature, and monitoring and control of the fan rotational speed and power supply control.

[0027] An OS 222, a measurement agent program 223 that collects utilization information of this physical computer, and a business task service program 224 are stored in the memory 202. These programs are first stored in the magnetic disk 205, and after being transferred to the memory 202 as needed, they are executed by the CPU 201. It should

be noted that these programs may be stored in the magnetic disk 205 by being read from a portable storage medium, or by being downloaded from other computers or storage devices via a network connected to the respective devices.

[0028] Furthermore, while the various types of processing of the server program 110 of the management computer are implemented by executing each program on the CPU, these can also be implemented in hardware by creating integrated circuits as processing units that perform the various types of processing, such as a measurement agent determination unit, a measurement unit, etc.

[0029] The measurement agent 223 is a software program that runs on the computer 200 and collects utilization information such as CPU utilization rate, memory utilization rate, and network interface utilization rate of the device on which the program runs, and records the information as measurement counters. The utilization information and power monitoring unit 111 of the server program 110 of the management computer sends utilization information collection requests to the measurement agent 223 using SNMP (Simple Network Management Protocol). The measurement agent 223 receives this utilization information collection request and sends the value of the measurement counter specified by the object ID (Identification) in the request to the utilization information and power monitoring unit 111. The server program 110 receives these measurement counter values and records them as utilization information, enabling centralized management of utilization information for multiple managed objects.

[0030] FIG. 4 is a diagram showing the equipment layout of a computer room 400 where the physical computer 200, the storage device 230, and the cooling device 151 are installed in an embodiment example of the present invention.

[0031] In the computer room 400, there are arranged four racks 401a, 401b, 401c, 401d, and cooling devices 151a, 151b. Each rack 401 and the cooling devices 151a, 151b are fixed to the floor. Multiple air outlets 431-435 are installed in the floor. The air outlets 431-435 have a configuration where, as shown for example in FIG. 4 (b), a motor 440 is fixed in place, and a shutter plate 442 that opens and closes each air outlet according to the rotational drive of the motor 440 is fixed to a rotary shaft 441.

- [0032] The rack 401a houses the physical computer 200 and the storage device 230. Racks 401b-401c similarly house physical computers 200 and storage devices 230 (not illustrated).
- [0033] The cooling devices 151a, 151b are installed on the side surfaces of the computer room 400 and are configured as components of the cooling device 151 to maintain a constant temperature in the computer room 400. These cooling devices 151a, 151b send cold air to the underfloor, and the cold air blows out from the air outlets (perforated tiles) 431 to remove the heat evacuated by each of the servers. In this process, according to instructions from the management computer 100, control is performed to open some air outlets and close other air outlets among the air outlets 431-435. For example, when servers housed in racks 401a, 401d have high utilization rates while servers housed in racks 401b, 401c are in an idle state, as control for the cooling device 151, control is performed such that the rotational drive of the motor 440 closes air outlet 433 among air outlets 431-435, while other air outlets 431, 432, 434, 435 are opened.
- [0034] Additionally, when servers housed in racks 401b, 401c have high utilization rates while servers housed in racks 401a, 401d are in an idle state, as control for the cooling device 151, control is performed such that the rotational drive of the motor 440 closes air outlets 431, 435 among air outlets 431-435, while other air outlets 432, 433, 434 are opened.
- [0035] The cooling device in the present embodiment example is a common computer room air conditioner (CRAC), but is not limited to this. The cooling equipment may be a liquid cooling system where liquid coolant passes through pipes and circulates through each rack to remove the heat evacuated by each server. In the liquid cooling system, valves are installed before the pipes connecting to each rack, and cooling output adjustment is performed by opening and closing the valves, similar to the air outlets. Furthermore, the cooling equipment may be an exterior air cooling device that takes in cold air from outside and removes heat evacuated by each server by sending cold air from beneath the floor, similar to the computer room cooling device.

- [0036] FIG. 5 shows the server configuration information 121 in an embodiment example of the present invention.
- [0037] The server configuration information 121 is composed of a rack and physical computer map 500 (FIG. 5 (a)) showing the correspondence relationship between racks installed in the computer room 400 and physical computers stored in the racks, and a physical computer list 510 (FIG. 5 (b)).
- [0038] The rack and physical computer map 500 (FIG. 5 (a)) comprises rack IDs 501, which are identifiers for the racks, and physical computer IDs 502, which are identifiers for the physical computers 200 stored in each rack.
- [0039] The physical computer list 510 (FIG. 5 (b)) comprises one or more records composed of a physical computer ID 511, chassis number 512, component identifier (item) 513, and component value 514 of the physical computer 200, and represents the processing capacity of the physical computer 200. The physical computer ID 501 section stores identifiers for each physical computer. The chassis number 512 exists to identify the chassis that houses the blade server when the physical computer is a blade server. When it is a non-modular type server such as a 1U server, “-” is recorded. Blade servers share fans and power supplies among multiple servers, and may have a management processor that manages server configuration and power ON/OFF. When the managed physical computer is a blade server, CPU temperature and rotational speed of shared fans can be obtained by connecting to this management processor rather than to individual servers. The IP address and port number required to connect to the management processor, although not illustrated, are assumed to be managed as server configuration information.
- [0040] The server configuration information 121 is determined by the designer of the managed system during system build and is frequently managed through documents or software. The physical computer configuration information may be prepared based on such managed configuration information or may be prepared from dynamically collected information.

[0041] FIG. 6 shows the rack and cooling device map 126 in an embodiment example of the present invention.

[0042] The rack and cooling device map 126 comprises one or more records composed of a rack identifier 601, a cooling device 151 identifier 602, the air outlet 603 positioned at the front surface of the rack, and the air outlet 604 positioned at the rear surface of the rack. Each record indicates the correspondence between the rack, the cooling device 151 cooling each rack, and the identification numbers of the air outlets performing ventilation and air exchange for the rack.

[0043] FIG. 7 shows the utilization information 710 (FIG. 7 (a)) and power information 720 (FIG. 7 (b)) in an embodiment example of the present invention.

[0044] The utilization information 710 (FIG. 7 (a)) shows the resource usage status of a physical computer 200. As an example, it consists of one or more records comprising the measurement date 711, measurement day of week 712, measurement time 713, and CPU utilization rate 714. The unit for CPU utilization rate is %. The utilization information shown here can be obtained using WMI (Windows Management Interface) for Windows (registered trademark) or the 'top' command for Linux.

[0045] The power information 720 (FIG. 7 (b)) shows the power consumption status of each physical computer 200 and consists of one or more records comprising the measurement date 721, measurement day of week 722, measurement time 723, power consumption 724 of the physical computer, and power consumption 726 of the chassis. It should be noted that when the physical computer 200 is a blade server, the power consumption of multiple physical computers and the chassis power consumption are managed in a single table. On the other hand, when the physical computer 200 is not a blade server, only the power consumption of a single physical computer is managed.

[0046] FIG. 8 shows the heat generation profile 122 in an embodiment example of the present invention.

- [0047] The heat generation profile 122 consists of one or more records comprising CPU utilization rate 801 and heat generation 802. Here, utilization rate 811 refers to the CPU utilization rate, and heat generation 802 refers to the CPU heat generation. In other words, each record represents the heat generation corresponding to the CPU utilization rate of the physical computer 200.
- [0048] The heat generation profile 122 differs for each type of CPU provided in the physical computer 200. There are various methods for acquiring the heat generation profile. For example, it can be obtained from a history by recording past CPU utilization rates and heat generation history. Additionally, the relationship between utilization rate and heat generation can be measured by executing processing with the CPU in advance. Furthermore, the relationship between utilization rate and heat generation provided by the CPU vendor can be recorded.
- [0049] FIG. 9 shows the CPU temperature profile 125 (FIG. 9 (a)), CPU temperature range 128 (FIG. 9 (b)), optimal CPU temperature 129 (FIG. 9 (c)), the relationship between temperature rise and power consumption due to leakage current, and the relationship between temperature rise and fan power consumption (FIG. 9 (d)) in an embodiment example of the present invention.
- [0050] The CPU temperature profile 125 (FIG. 9 (a)) consists of one or more records comprising the CPU heat generation 901 and CPU temperature change 902 per certain period of time. In other words, each record represents the amount of temperature change after a certain period of time, corresponding to the CPU heat generation.
- [0051] In general, the temperature change of an object is the value obtained by dividing the amount of heat supplied from outside by the heat capacity, but the ease with which heat is conducted differs depending on the properties of the object. That is, even when supplied the same amount of heat, the final temperature reached and the speed of temperature change differ depending on the material and structure of the CPU. Therefore, the CPU temperature profile is a table determined for each CPU type.
- [0052] As mentioned above, the CPU temperature profile 125 differs for each type of CPU provided in the physical computer 200. There are various methods for obtaining the CPU temperature profile. For example, it can be obtained from a history by recording past heat generation and temperature change history of the CPU. Additionally, the relationship between heat generation and temperature change can be measured by executing processing with the CPU in advance. Furthermore, the relationship between heat generation and temperature change provided by the CPU vendor can be recorded.

- [0053] The CPU temperature range 128 (FIG. 9 (b)) consists of an upper limit value 911 and lower limit value 912, and shows the temperature range within which the CPU can safely operate. Normally, the upper limit and lower limit of temperature for normal operation are determined by the manufacturer/vendor of the CPU. And in many servers, when the CPU temperature exceeds this range due to room temperature rise or fan failure, a program that monitors the server hardware status issues a warning to outside the server.
- [0054] The optimal CPU temperature 129 is the temperature that minimizes the total sum of power consumption due to CPU leakage current and power consumed by the fan that cools the CPU. The optimal CPU temperature 129 consists of one or more records comprising the intake air temperature 921 and optimal CPU temperature 922, as this varies with the intake air temperature.
- [0055] The optimal CPU temperature 129 will be explained. Due to semiconductor miniaturization, a minute amount of electric current (leakage current) flows in the CPU even in the OFF state, and this leakage current has the characteristic of increasing exponentially when temperature rises. Therefore, even in idle state, when the CPU's own temperature rises, power consumption also increases exponentially. To suppress CPU power consumption due to this leakage current, it is better not to increase CPU temperature, but power for cooling is required to maintain the temperature. Generally, fan power consumption is proportional to the fan's wind speed and power consumption, and is inversely proportional to the square of CPU temperature rise. Therefore, as shown in FIG. 9 (d), keeping the temperature low suppresses leakage current but increases fan power consumption, while allowing temperature rise increases leakage current but allows fan power consumption to be kept low, creating a trade-off relationship. The optimal CPU temperature 129 is the temperature that minimizes the total sum of power consumption due to leakage current and fan power consumption, and it can be measured by the administrator or may be published by the server vendor.
- [0056] FIG. 10 shows the fan profile 123 in an embodiment example of the present invention.

[0057] The fan profile 123 consists of one or more records comprising the rotational speed 1001 of the fan of the physical computer 200 and the CPU temperature change 1002 that can be achieved per certain period of time by cooling the CPU through fan air flow. Furthermore, the CPU cooling efficiency using a fan varies with the intake air temperature. Therefore, the CPU temperature change that can be achieved per certain period of time with a fan differs depending on the intake air temperature. The fan profile in the present embodiment example shows cases for intake air temperatures of 21°C, 22°C, 23°C (1003) but is not limited to these.

[0058] Also, the relationship between server CPUs and fans is not necessarily one-to-one. For example, in blade servers where multiple servers are housed in a single enclosure, multiple servers may be cooled by a shared fan. Even in such cases, the fans are configured to cool each CPU uniformly, and the fan profile 123 can be defined as described above.

[0059] FIG. 20 shows the cooling device profile 2010 and cooling control pattern 2010 in an embodiment example of the present invention.

[0060] The cooling control profile 2010 is divided by individual cooling device and consists of one or more records comprising the output level 2011 of the cooling device, the intake air temperature change 2012 for each cooling target rack at that output level, and the power consumption 2013.

[0061] The cooling control pattern 2020 represents the combination of outputs from multiple cooling devices and power consumption, and consists of one or more records comprising a combination number 2021, the output 2022 of each cooling device, and the power consumption amount 2023 of the cooling devices as a whole at that time.

[0062] The information shown in FIG. 5 through FIG. 10 is described by the administrator in a definition file. However, this information may be inputted through a GUI (Graphical User Interface) instead of a definition file, or may be obtained from other servers via a network.

- [0063] Next, the control of the physical computers and cooling devices by the management computer in an embodiment example of the present invention will be explained using the drawings.
- [0064] FIG. 11 shows the control flow of physical computers and cooling devices by the management computer in an embodiment example of the present invention.
- [0065] First, the utilization information monitoring unit 111 of the server program 110 of the physical computer reads out the server configuration information 121 from the storage device 105 (S1101). The program then determines which physical computers 200 are to be managed, and the utilization information monitoring unit 111 collects utilization information and power consumption from these physical computers 200 (S1102) and stores this in the server utilization history 124.
- [0066] Then, the CPU temperature estimation unit 113 estimates the CPU temperature of each physical computer 200 after a certain period of time elapses based on the stored utilization history and the heat generation profile 122 and CPU temperature profile 125 stored in the storage device (S1103). This estimation process will be explained using FIG. 12.
- [0067] FIG. 12 shows the CPU temperature estimation flow in an embodiment example of the present invention. This processing is performed by the CPU temperature estimation unit.
- [0068] The CPU temperature estimation unit 113 references the server utilization history 124 and obtains the CPU utilization rate 714 of the physical computer 200 that is the object of this processing (S1201).
- [0069] Then, it determines the amount of heat generated relative to CPU utilization rate by referencing the heat generation profile 122 (S1202). At this time, the CPU type of the physical computer 200 is first determined by referencing the server list 510 of the server configuration information 121, and the CPU temperature profile corresponding to the CPU type is used.
- [0070] Next, the CPU temperature change corresponding to the generated amount of heat is determined by referencing the CPU temperature profile 125 (S1203). Specifically, the CPU temperature estimation unit 113 obtains the current CPU temperature and server device intake air temperature using the temperature monitoring unit, and obtains the current fan rotational speed using the fan monitoring and control unit 116. Then, by referencing the fan profile 123, it determines the CPU temperature change (cooling effect) if the current fan rotational speed is maintained from the current time until after a certain period of time elapses (S1204). The fan monitoring and control unit 116 connects to the BMC 207 through SSH (Secure Shell) or the like, executes commands to obtain the fan rotational speed, and obtains the fan rotational speed value.

- [0071] Finally, the CPU temperature change corresponding to the generated amount of heat is added to the current CPU temperature, the temperature change due to the fan is subtracted, and the result is set as the CPU temperature after a certain period of time elapses (S1205).
- [0072] Once the estimated value of the CPU temperature after a certain period of time elapses has been calculated, it is verified whether the estimated temperature after a certain period of time elapses exceeds the established threshold value (S1104). If it exceeds the established threshold value (in case of Y), the temperature monitoring unit obtains the intake air temperature at the physical computer, and the fan rotational speed determination unit 115 references the obtained intake air temperature and the fan profile 123 to calculate the fan rotational speed needed to reduce the CPU temperature after a certain period of time elapses to within the upper limit value (S1105).
- [0073] An example of determining the fan rotational speed is shown in FIG. 13. That is, FIG. 13 shows the fan rotational speed determination flow in an embodiment example of the present invention.
- [0074] When the estimated value of the CPU temperature exceeds the threshold value, the fan rotational speed determination unit 115 determines the difference between the estimated CPU temperature after a certain period of time elapses and the CPU temperature threshold value, and sets this as the CPU temperature change amount to be implemented (S1301).
- [0075] Then, it determines the fan rotational speed needed to achieve the required CPU temperature change amount after a certain period of time elapses by referencing the current intake air temperature at the physical computer obtained when estimating the CPU temperature after a certain period of time elapses and the fan profile 123 (S1302).
- [0076] If the threshold value is not exceeded, the system waits for a certain period of time to elapse (S1108) and returns to monitoring the utilization information, temperature and rotational speed (S1102). Here, the threshold value may be the upper limit value of the CPU temperature range 128. Also, the threshold value may be a value obtained by subtracting a fixed value from the upper limit value. By setting the threshold value as a value obtained by subtracting a fixed value from the upper limit value, operation can be maintained below the upper limit value even if there is a sudden rise in utilization.
- [0077] In the present embodiment example, the decision about whether to control the fan rotational speed was made based on whether the threshold value after a certain period of time elapses is exceeded, but the invention is not limited to this. As another embodiment, the temperature monitoring unit 112 obtains the intake air temperature, and determines the optimal CPU temperature 129, which is the value that minimizes the total of CPU leakage current and fan power consumption, from the obtained intake

air temperature. Then, the determination 1104 may be made based on whether the value is within the range between a value obtained by subtracting a fixed temperature from the optimal CPU temperature and a value obtained by adding a fixed temperature to the optimal CPU temperature.

[0078] Next, the server program 110 verifies whether the physical computer 200 can modify the fan rotational speed to the calculated rotational speed (S1106). For example, the program verifies whether the fan rotational speed determined in process 1105 exceeds the maximum value. If modification is possible (S1106: Y), the fan monitoring and control unit 116 issues instructions to the physical computer 200 to modify the fan rotational speed (S1107). Then, the system waits for a certain period of time to elapse (S1108) and returns to monitoring the utilization information, temperature and rotational speed (S1102).

[0079] If the fan of the physical computer 200 cannot achieve the fan rotational speed determined by the fan rotational speed determination unit 115 (S1106: N), the cooling control unit 117 lowers the intake air temperature of the physical computer 200 by modifying the output of the cooling equipment 151a, 151b installed in the computer room 400 (S1520). This processing will be explained using FIG. 21.

[0080] FIG. 21 illustrates a cooling control flow in an embodiment example of the present invention.

[0081] The cooling control unit 117 references the fan profile 123 to determine a target intake air temperature that achieves the required amount of CPU temperature change (S2101). Here, the fan rotational speed is set to the maximum value achievable. That is, with 5000 RPM being the maximum value as shown in FIG. 10, when the CPU temperature change is set to -3.0°C, the target intake air temperature is determined to be 21°C.

[0082] Then, the difference between the current intake air temperature and the target intake air temperature is determined and set as the intake air temperature change target value (S2102).

[0083] Next, the cooling control unit 117 references the server configuration information 121 to identify the rack that houses the physical computer 200 to be controlled. Then, it references the rack and cooling map 126 to identify the cooling equipment responsible for cooling the identified rack. There may be multiple identified racks. Then, the cooling control unit 117 issues instructions to modify the output of this cooling device according to the aforementioned difference.

- [0084] Specifically, the method for determining the cooling device output references the cooling device profile 2010 to select an output level where the rack temperature change amount is not less than the intake air temperature change target value.
- [0085] However, in cases like the present embodiment example where multiple cooling devices cool the same rack, the power consumption of the entire computer room differs depending on which cooling device's output is modified. Therefore, to bring the intake air temperature of the managed rack to the target intake air temperature, a cooling control pattern list 2030 is created that lists combinations of possible outputs for the cooling equipment 151a and cooling equipment 151b (S2103).
- [0086] Then, the combination where the sum of power consumption of cooling equipment 151a and cooling equipment 151b becomes minimal is selected (S2104).
- [0087] For example, the combinations include patterns such as setting the cooling equipment 151a to level 1 and cooling equipment 151a to level 3, setting both outputs to level 2, or setting cooling equipment 151a to level 3 and cooling equipment 151b to level 1. Here, since the power consumption of the cooling device relative to the temperature change, i.e. the temperature to which it can cool, differs depending on the device characteristics and distance from the rack, the power consumption differs for each pattern. Then, the output of the cooling equipment 151a, 151b is modified to lower the intake air temperature of the physical computer 200 (S2105). The system then waits for a certain period of time to elapse (S1108), and returns to monitoring the utilization information, temperature and rotational speed (S1102).
- [0088] The physical computer profile 124 in the present embodiment example focuses only on the CPU as the main heat-generating component, but the heat generation profile may also be information based on the utilization rates of components other than just the CPU.
- [0089] Additionally, while the present embodiment example described a case where the IT device is a server, the IT device may also be a storage device or network equipment. When the IT device is a storage device, since the heat generation of the device varies not only with CPU utilization rate but also with IOPS (Input/Output Per Second) which indicates the number of data input/output operations to the device, the heat generation can be estimated based on the controller's CPU utilization rate and IOPS. Similarly, when the IT device is network equipment, the heat generation can be estimated based on the port utilization rate.

[0090] As described above, by configuring the power savings control server 110 with the utilization information monitoring unit 111 that collects utilization information and power consumption information of the physical computer 200, the temperature monitoring unit 112 that collects the intake air temperature, CPU temperature, and exhaust temperature of the managed server, the fan monitoring and control unit 116 that monitors the fan rotational speed of the managed server and modifies the rotational speed of the fan, the CPU temperature estimation unit 113 that reads the heat generation profile 122 and CPU temperature profile 125 and estimates the temperature of the CPU built into the managed server after a certain period of time, the fan rotational speed determination unit 115 that reads the fan profile 123 and determines the fan rotational speed to lower the CPU temperature to a target value after a certain period of time, the cooling control determination unit 114 that accepts input from the cooling device profile 127 and rack and cooling map 126 and determines the output of the cooling device 151, and the cooling control unit 117 that issues instructions for control of the cooling device 151, the CPU can be cooled in advance to maintain optimal temperature, minimizing power consumption due to leakage current and improving cooling efficiency. Additionally, by coordinating control of the server fans and air conditioning, even in cases where CPU temperature cannot be kept within the rated range through fan control alone, thermal failures can be avoided by keeping the CPU temperature within the rated range through adjusting the air conditioning in advance to lower the intake air temperature.

[0091] While in the present embodiment example the BMC in the server device controls the fans according to instructions from the management computer, it should be noted that the invention is not limited hereto, and the server program 110 may also be stored in the memory of the physical computer, with the utilization information history 124, server configuration information 121, heat generation profile 122, fan profile 123, CPU temperature profile 125, cooling device profile 127, CPU temperature range 128, optimal CPU temperature 129, rack and cooling map 126, and cooling device profile 2010 being stored in the storage device, to perform the fan control and air conditioning unit control of the present embodiment example within the physical computer.

## Embodiment Example 2

- [0092] A second embodiment of the present invention will be described below based on the drawings. For components identical to those in the first embodiment example, drawings and descriptions will be omitted as appropriate.
- [0093] The system configuration of this embodiment example of the present invention is the same as in FIG. 1. Additionally, the physical computer is the same as in FIG. 3.
- [0094] FIG. 14 shows the management computer in this embodiment example of the present invention. The difference from the management computer of Embodiment Example 1 is that here, the management computer does not maintain utilization history information 124, but maintains a job execution schedule 132 and server/job map 131. Description will be omitted for the server configuration information 121, heat generation profile 122, fan profile 123, CPU temperature profile 125, rack and cooling map 126, CPU temperature range 128, and optimal CPU temperature 129 that were already described in Embodiment Example 1.
- [0095] A brief description of the operation of the management computer will be presented. Detailed description will be provided below using the drawings. The server program 110 determines the CPU utilization rate for a certain period of time from the job execution schedule (load fluctuation) of the business tasks executed by the managed server, estimates the CPU temperature after a certain period of time from the CPU utilization rate and the heat generation corresponding to utilization rates determined for each CPU type, and upon confirming that the CPU temperature will exceed the upper limit value of the temperature range for stable CPU operation, the server program controls the fan rotational speed of the managed server and, if necessary, the output of the cooling device.
- [0096] FIG. 15 shows a configuration diagram showing the server/job map 131 (FIG. 15 (a)) and the job execution schedule 132 (FIG. 15 (b)) in an embodiment example of the present invention.
- [0097] The server/job map 131 (FIG. 15 (a)) consists of one or more records comprising the physical computer ID 1401, which is the identifier of the physical computer, and the business task type 1402 which shows the type of business task. Each record shows which business tasks are performed on which physical computer.

- [0098] The job execution schedule 132 (FIG. 15 (b)) consists of one or more records comprising, for each physical computer, the date 1411, day of week 1412, start time 1413, end time 1414, job ID 1415, and average CPU utilization rate 1416. Each record shows the average value of CPU utilization rate generated by business tasks by day of the week and time of day. The server's CPU utilization rate is predicted based on batch job execution schedules, temporal fluctuations in business task requests, or server on/off schedules. The job execution schedule 132 is determined on the basis of batch job execution schedules, temporal fluctuations in business task requests, server on/off schedules, and the server utilization history when performing equivalent processing.
- [0099] FIG. 16 is a flowchart showing the control flow of the second embodiment example of the present invention. First, the utilization information monitoring unit 111 of the server program 110 obtains the server configuration information 121 (S1601) and obtains information about the physical computers 200 it manages. Then, it obtains the job execution schedule information for the managed physical computers.
- [0100] Next, the server program 110 verifies the job execution schedule and confirms whether the end time of the job being executed by the physical computer 200 has been reached (S1603). Then, when it is the job end time (S1603: Y), the program references the server/job map 131 to identify the next job to be executed by the physical computer 200, and references the job execution schedule 132 corresponding to the job to obtain the start and end times and average CPU utilization rate of the job to be executed by that physical computer 200 (S1604).
- [0101] Then, the CPU temperature estimation unit 113 estimates the CPU temperature of each physical computer 200 after a certain period of time elapses based on the average CPU utilization rate, the heat generation profile 122, and the CPU temperature profile 125 (S1604). The temperature estimation process is identical to that in the first embodiment example.
- [0102] Here, for example, if the average CPU utilization rate for the load period about to begin is 0, power consumption can be reduced by lowering the fan rotational speed or stopping the fan.

[0103] Also, the processing in processing 1606 is the same as in Embodiment Example 1.

[0104] In the present embodiment example, the jobs to be executed and the CPU utilization rate needed to process those jobs are obtained from the job execution schedule. However, the invention is not limited to this, and, for example, data such as previously processed jobs and CPU utilization rates may be stored, and the CPU utilization rate at a certain time may be predicted and obtained based on the stored data.

### **Embodiment Example 3**

[0105] A third embodiment of the present invention will be described below based on the drawings. For components identical to those in the first embodiment example, drawings and descriptions will be omitted as appropriate.

[0106] The system configuration of the embodiment example of the present invention is the same as in FIG. 1. Additionally, the physical computer is the same as in FIG. 3.

[0107] FIG. 17 shows the management computer in an embodiment example of the present invention. The difference from the management computer in Embodiment Example 1 is that the server program maintains a rule determination unit 133, and the storage device maintains cooling control rules. Description will be omitted for the server configuration information 121, heat generation profile 122, fan profile 123, utilization history information 124, CPU temperature profile 125, rack and cooling map 126, CPU temperature range 128, and optimal CPU temperature 129 already explained in Embodiment Example 1.

[0108] FIG. 18 shows a configuration diagram of the cooling control rule 131 in the third embodiment example of the present invention.

[0109] The cooling control rule 131 consists of a rule 1010 and an action 1020, and the rule 1010 consists of one or more records comprising an evaluation item 1011 and a threshold value 1012. Each record represents one condition, and the condition is satisfied when the value of the evaluation item becomes not less than the threshold value, and when conditions expressed in all records are satisfied, the control specified in the action 1020 is performed. Also, the control specified in the action 1020 may be performed when the condition for one item is satisfied.

- [0110] The cooling control rules are conditions that can determine when abnormal temperature rise has started, and are defined in advance by the computer room administrator.
- [0111] For example, the cooling control rule 131 shown in FIG. 18 assumes that heat accumulation occurs at the rear surface of the rack where exhaust from the physical computers 200 exits when the CPU temperature of all physical computers 200 stored in a rack exceeds 60°C, and the exhaust temperature exceeds 40°C, and the fan rotational speed exceeds 10,000 revolutions/second. Then, action 1020 is performed to evacuate this heat. An instruction is issued to maximize the output of the cooling device 151 that cools that rack and to open the grating plate of the air outlet positioned at the rear surface of that rack to 100%.
- [0112] In addition to the above, it is also effective to determine that the amount of heat generated from the group of physical computers stored in that rack exceeds a certain value when the total sum of power consumption of the physical computers 200 stored in the same rack exceeds a certain value based on the power information in FIG. 5 (b), and to increase the output of the cooling device that cools that rack by one level.
- [0113] Also, it is effective to consider that heat accumulation has occurred at the front surface of the rack when the intake air temperature of all physical computers 200 stored in the same rack exceeds a certain threshold value, and maximize the output of the cooling device 151 that cools that rack and open the grating plate of the air outlet positioned at the front surface of that rack to 100%.
- [0114] FIG. 19 shows a flowchart showing the control flow of the third embodiment example of the present invention.
- [0115] First, the utilization information monitoring unit 111 of the power savings control server 110 obtains the server configuration information 121 (S1901).
- [0116] Then, after obtaining information about the physical computers 200 to be managed, the utilization information monitoring unit 111 collects utilization information and power consumption from these physical computers 200 and stores this in the server utilization history 124. The temperature monitoring unit 112 collects the current CPU temperature and exhaust temperature. The fan monitoring and control unit 116 collects the fan rotational speed (S1902).

[0117] Next, the rule determination unit 133 compares the values of each item in rule 1010 of the cooling control rule 131 with the threshold value 1012 for the physical computers 200 stored in each rack based on the collected information (S1903). When the values of all items are not less than the threshold value 1012 and rule 1010 is satisfied (S1904: Y), the rack and cooling map 126 is referenced to identify the cooling device 151 that cools that rack and the air outlet positioned at the rear surface of that rack, and the cooling control specified in action 1020 is performed (S1905). Then, after waiting for a certain period of time to elapse (S1906), the system returns to monitoring utilization information, etc. (S1902).

[0118] According to the present embodiment example, sensor installation costs can be reduced compared to the method of installing a large number of sensors in the vicinity of the managed equipment to detect temperature increase.

### Scope of claims

- [1] A control method using a management computer which is connected to a server device having a processor and a fan and to a cooling device, the control method being characterized in that:
- the temperature and utilization rate of the processor, the rotational speed of the fan, and the intake air temperature at the server are acquired from the server;
  - the estimated temperature of the processor after a predetermined time period elapses is calculated on the basis of the temperature and utilization rate of the processor, the rotational speed of the fan, and the intake air temperature;
  - if the estimated temperature is not less than a first predetermined value, a target rotational speed of the fan at which the estimated temperature after said time period elapses will be not greater than said predetermined value is determined; and
  - the server device is instructed to set said target rotational speed.
- [2] The control method according to claim 1, characterized in that:
- the management computer has a memory which stores a utilization information monitoring unit, a fan monitoring unit, a fan control unit, a temperature estimation unit, and a cooling control unit;
  - the utilization information monitoring unit acquires the utilization rate of the processor from the server;
  - the fan monitoring unit acquires the rotational speed of the fan;
  - the temperature estimation unit acquires the intake air temperature and the temperature of the processor, calculates an increased temperature of the processor on the basis of the temperature and the utilization rate of the processor, calculates a cooled temperature on the basis of the rotational speed of the fan and the intake air temperature, and subtracts the cooling temperature from the increased temperature to calculate the estimated temperature;
  - the fan control unit issues an instruction to the server to change the fan to the target rotational speed;
  - in the event that the estimated temperature after said time period elapses does not become not greater than said predetermined value even when the rotational speed of the fan is set to maximum, the cooling control unit determines the target intake air temperature at which the estimated temperature will become not greater than said predetermined value after said time period elapses when the rotational speed of the fan

is at a rated value, determines an output of the cooling device for achieving said target intake air temperature, and issues an instruction to the cooling device to change to said output.

- [3] The control method according to claim 1, characterized in that:  
the output of the cooling device is increased in the event that the estimated temperature does not become not greater than said predetermined value after said time period elapses even when the rotational speed of the fan is set to maximum.
- [4] The control method according to claim 3, characterized in that:  
when increasing the output of the cooling device,  
the target intake air temperature at which the estimated temperature will become not greater than said predetermined value after said time period elapses when the rotational speed of the fan is at a rated value is determined, and  
the output of the cooling device for achieving said target intake air temperature is determined.
- [5] The control method according to claim 4, characterized in that:  
when there are multiple cooling devices, multiple combinations of outputs of the multiple cooling devices are calculated;  
the power consumption by the multiple cooling devices is calculated for each of the multiple combinations;  
a combination is selected from the multiple combinations based on the power consumption; and  
the outputs of the multiple cooling devices are determined according to the selected combination.
- [6] The control method according to claim 1, characterized in that:  
when calculating the estimated temperature, an increased temperature of the processor is calculated from the temperature and utilization rate of the processor, a cooled temperature is calculated from the rotational speed of the fan and the intake air temperature, and the estimated temperature is calculated by subtracting the cooled temperature from the increased temperature.
- [7] The control method according to claim 6, characterized in that:  
the type of the processor of the server device is recognized; and  
when calculating the increased temperature, it is calculated using the relationship between utilization rate and heat generation corresponding to the type of the

processor.

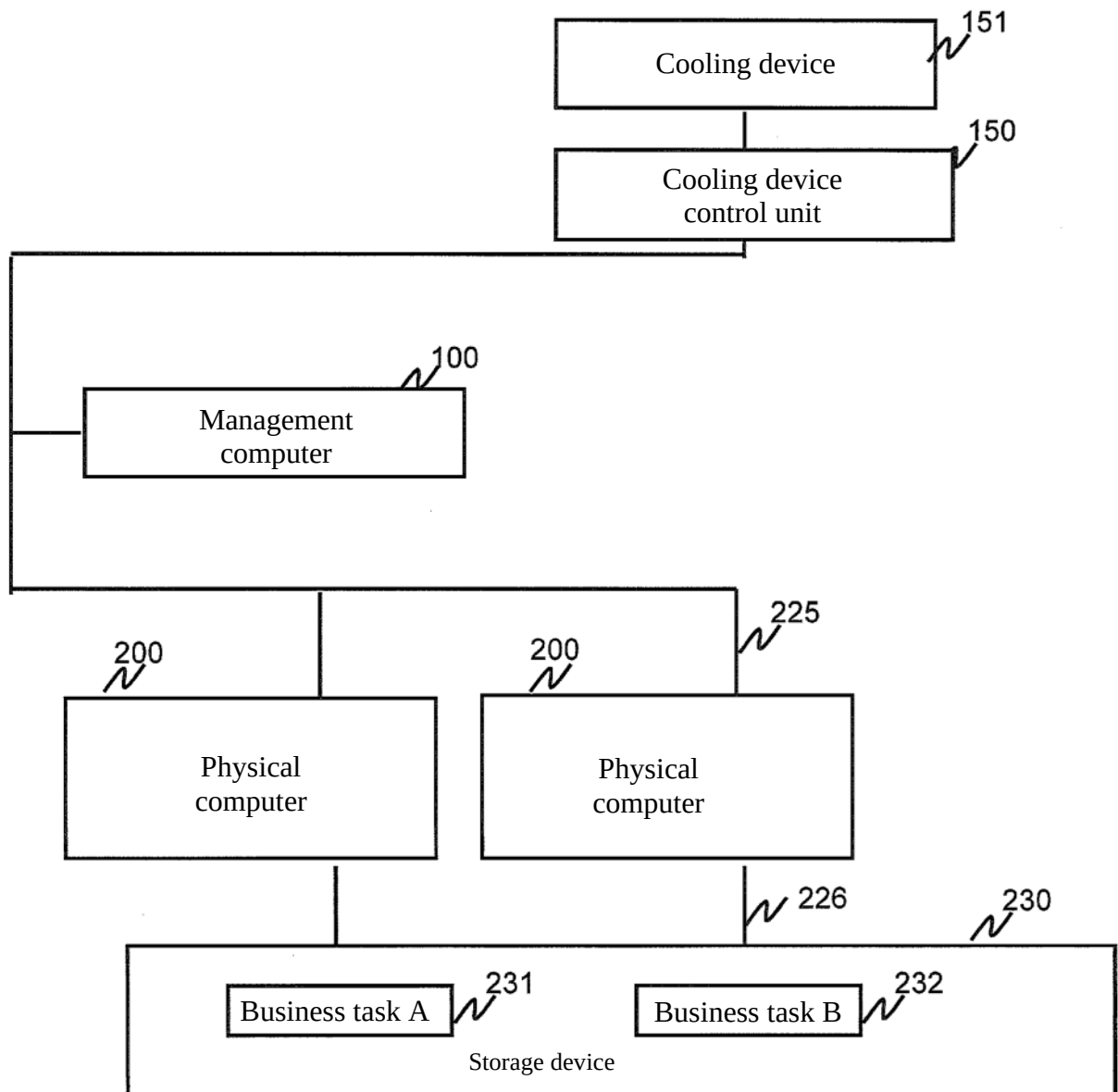
- [8] The control method according to claim 1, characterized in that:
- when the estimated temperature is not less than a first predetermined value and not greater than the second predetermined value, the target rotational speed of the fan at which the estimated temperature after said time period elapses will be not greater than said predetermined value is determined; and
  - the first predetermined value is a value obtained by adding a first temperature to the optimal processor temperature, and the second predetermined value is a value obtained by subtracting a second temperature from the optimal processor temperature.
- [9] The control method according to claim 9, characterized in that:
- the optimal processor temperature is calculated based on the power consumption of the processor and the power consumption of the fan.
- [10] A control method using a management computer connected to a server device having a processor and a fan and to a cooling device, the control method being characterized in that:
- the temperature of the processor, the rotational speed of the fan, and the intake air temperature at the server are acquired from the server;
  - job-related information concerning jobs executed by the processor is acquired from the server;
  - utilization rate is acquired from the job-related information;
  - the estimated temperature of the processor after a predetermined time period elapses is calculated on the basis of the temperature and utilization rate of the processor, the rotational speed of the fan, and the intake air temperature;
  - if the estimated temperature is not less than a first predetermined value, a target rotational speed of the fan at which the estimated temperature after said time period elapses will be not greater than said predetermined value is determined; and
  - the server device is instructed to set said target rotational speed.
- [11] A server system characterized in that it comprises:
- the server device, which has a processor and a fan, and measures the temperature and utilization rate of the processor, the rotational speed of the fan, and the intake air temperature; and
  - a management computer which is connected to the server device and to the cooling device, and which calculates the estimated temperature of the processor after a

predetermined time period elapses on the basis of the temperature and utilization rate of the processor, the rotational speed of the fan, and the intake air temperature, and determines a target rotational speed of the fan at which the estimated temperature after said time period elapses will be not greater than said predetermined value if the estimated temperature is not less than a first predetermined value.

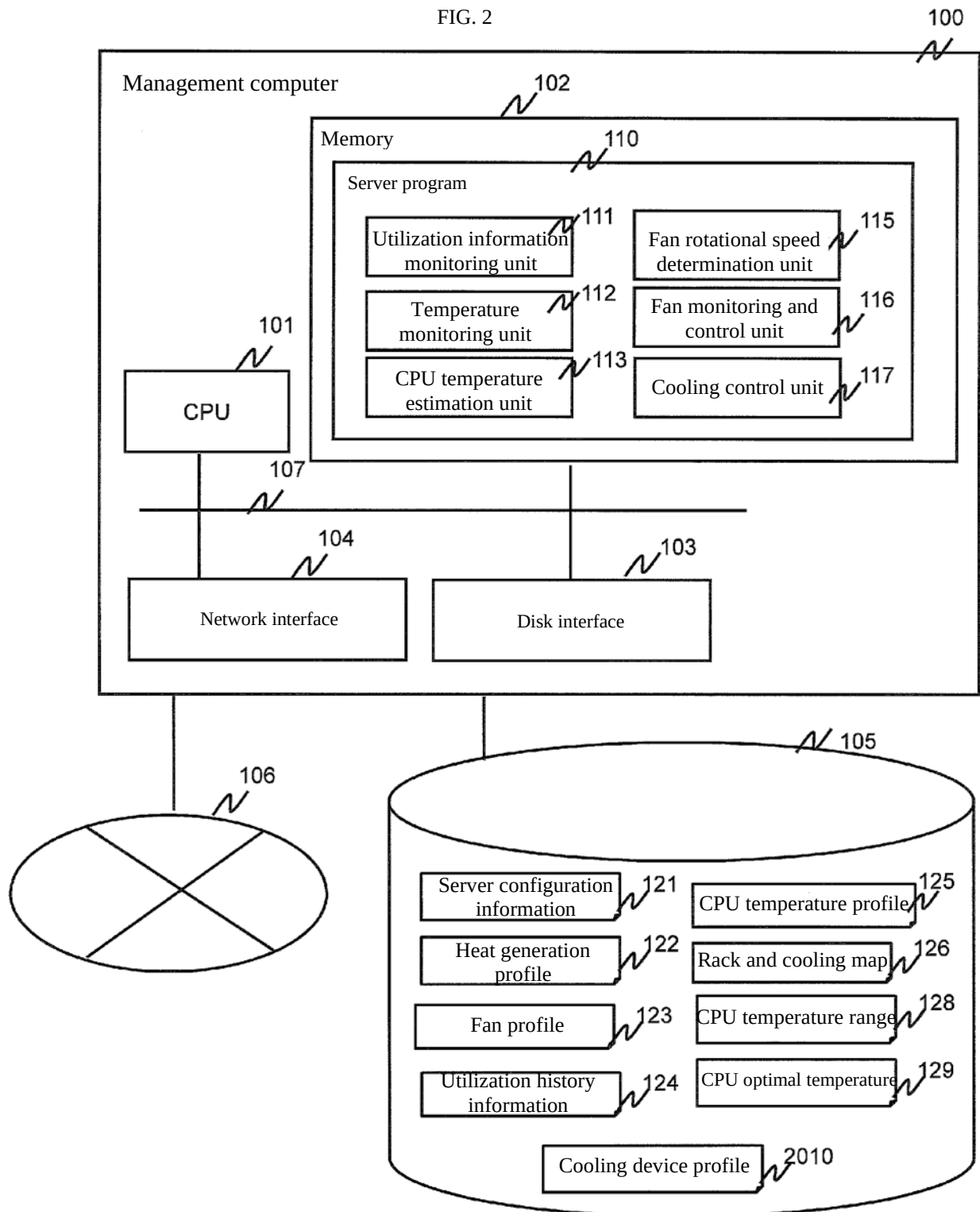
- [12] The server system according to claim 11, characterized in that:  
the system further comprises a cooling device; and  
the management computer issues an instruction to increase the output of the cooling device in the event that the estimated temperature does not become not greater than said predetermined value after said time period elapses even when the rotational speed of the fan is set to maximum.
- [13] The server system according to claim 12, characterized in that:  
the management computer determines the target intake air temperature at which the estimated temperature will become not greater than said predetermined value after said time period elapses when the rotational speed of the fan is at a rated value, and determines the output of the cooling device for achieving said target intake air temperature.
- [14] The server system according to claim 11, characterized in that:  
when calculating the estimated temperature, the management computer calculates an increased temperature of the processor from the temperature and utilization rate of the processor, calculates a cooled temperature from the rotational speed of the fan and the intake air temperature, and calculates the estimated temperature by subtracting the cooled temperature from the increased temperature.
- [15] The server system according to claim 14, characterized in that:  
the management computer recognizes the type of the processor of the server device, and when calculating the increased temperature, calculates it using the relationship between utilization rate and heat generation corresponding to the type of the processor.

[FIG. 1]

FIG. 1

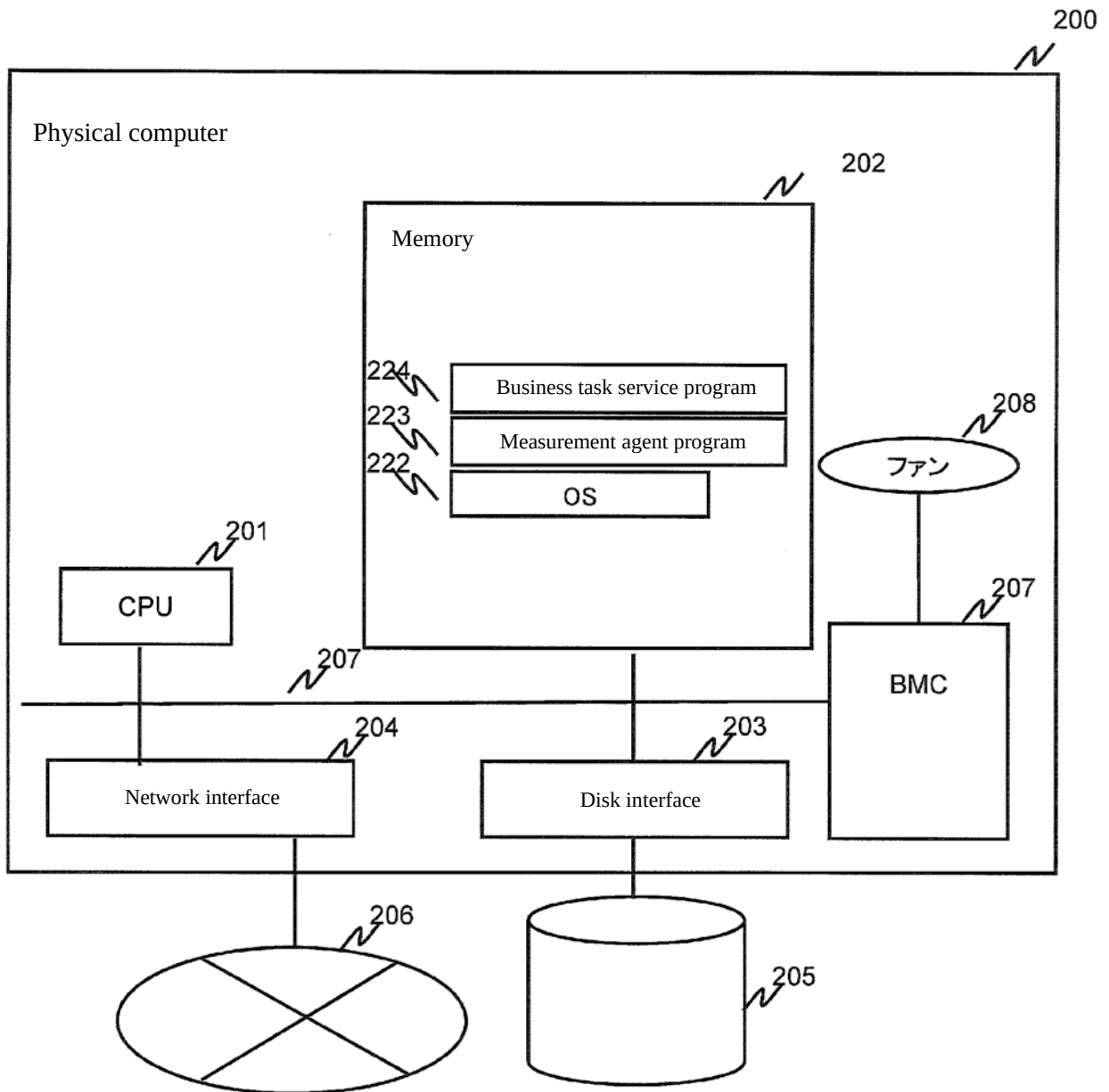


[FIG. 2]



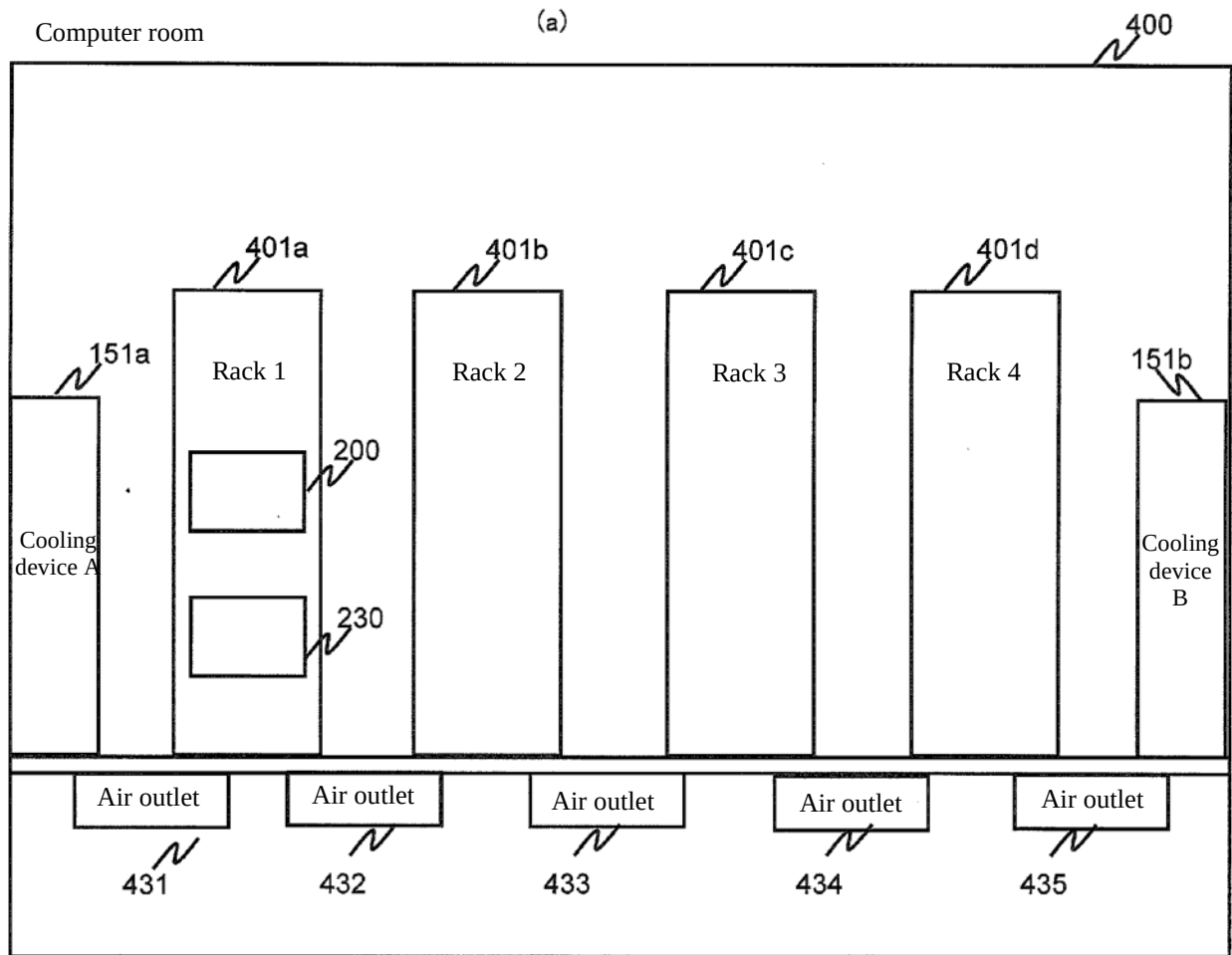
[FIG. 3]

FIG. 3

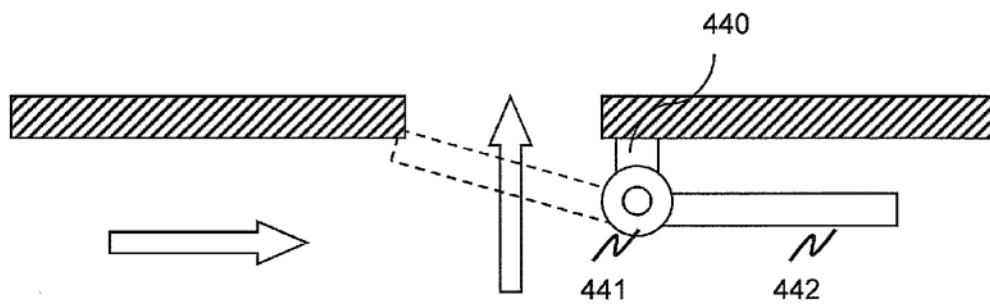


[FIG. 4]

FIG. 4



(b)



[FIG. 5]

FIG. 5

(a)

| 501<br><i>N</i> | 502<br><i>N</i>      | 500<br><i>N</i> |
|-----------------|----------------------|-----------------|
| Rack ID         | Physical computer ID |                 |
| Rack 1          | Server 1             |                 |
|                 | Server 2             |                 |
|                 | Server 3             |                 |
|                 | Server 4             |                 |
|                 | Server 5             |                 |
| Rack 2          | Server 6             |                 |
|                 | Server 7             |                 |
|                 | Server 8             |                 |
|                 | Server 9             |                 |
|                 | Server 10            |                 |

(b)

| 511<br><i>N</i>      | 512<br><i>N</i> | 513<br><i>N</i>     | 514<br><i>N</i> | 510<br><i>N</i> |
|----------------------|-----------------|---------------------|-----------------|-----------------|
| Physical computer ID | Chassis number  | Item                | Value           |                 |
| Server 1             | 01              | CPU ID              | 001             |                 |
|                      |                 | Operating frequency | 3.0             |                 |
|                      |                 | CPU type            | aaa             |                 |
| Server 2             | —               | CPU ID              | 001             |                 |
|                      |                 | Operating frequency | 3.0             |                 |
|                      |                 | CPU type            | bbb             |                 |
| Server 2             | ...             | ...                 | ...             |                 |

[FIG. 6]

FIG. 6

| 601<br><i>N</i> |   | 602<br><i>N</i> |  | 603<br><i>N</i>     |  | 604<br><i>N</i>    |  | 126<br><i>N</i> |
|-----------------|---|-----------------|--|---------------------|--|--------------------|--|-----------------|
| Rack ID         |   | Cooling device  |  | Front<br>air outlet |  | Rear<br>air outlet |  |                 |
| Rack 1          | A |                 |  | 1                   |  | 5                  |  |                 |
|                 |   |                 |  | 2                   |  | 6                  |  |                 |
| Rack 2          | A |                 |  | 3                   |  | 7                  |  |                 |
|                 |   |                 |  | 4                   |  | 8                  |  |                 |
| Rack 3          | B |                 |  | 9                   |  | 13                 |  |                 |
|                 |   |                 |  | 10                  |  | 14                 |  |                 |
| Rack 4          | B |                 |  | 11                  |  | 15                 |  |                 |
|                 |   |                 |  | 12                  |  | 16                 |  |                 |

[FIG. 7]

FIG. 7

(a)

| <sup>711</sup><br>Date | <sup>712</sup><br>Week | <sup>713</sup><br>Time | <sup>714</sup><br>CPU01 | <sup>715</sup><br>CPU02 | <sup>710</sup> |
|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
| 2007/12/10             | mon                    | 11:10:00               | 20                      | 23                      |                |
| 2007/12/10             | mon                    | 11:10:10               | 15                      | 15                      |                |
| 2007/12/10             | mon                    | 11:10:20               | 20                      | 21                      |                |
| 2007/12/10             | mon                    | 11:10:30               | 22                      | 21                      |                |
| ...                    | ...                    | ...                    | ...                     | ...                     |                |

(b)

| <sup>721</sup><br>Date | <sup>722</sup><br>Week | <sup>723</sup><br>Time | <sup>724</sup><br>Computer 1 | <sup>725</sup><br>Computer 2 | <sup>726</sup><br>Chassis 1 | <sup>720</sup> |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------|
| 2007/12/10             | mon                    | 12:00:00               | 180                          | 210                          | 2700                        |                |
| 2007/12/10             | mon                    | 12:10:00               | 170                          | 200                          | 2600                        |                |
| 2007/12/10             | mon                    | 12:20:00               | 191                          | 180                          | 2780                        |                |
| 2007/12/10             | mon                    | 12:30:00               | 190                          | 176                          | 2540                        |                |
| ...                    | ...                    | ...                    | ...                          | ...                          | ...                         |                |

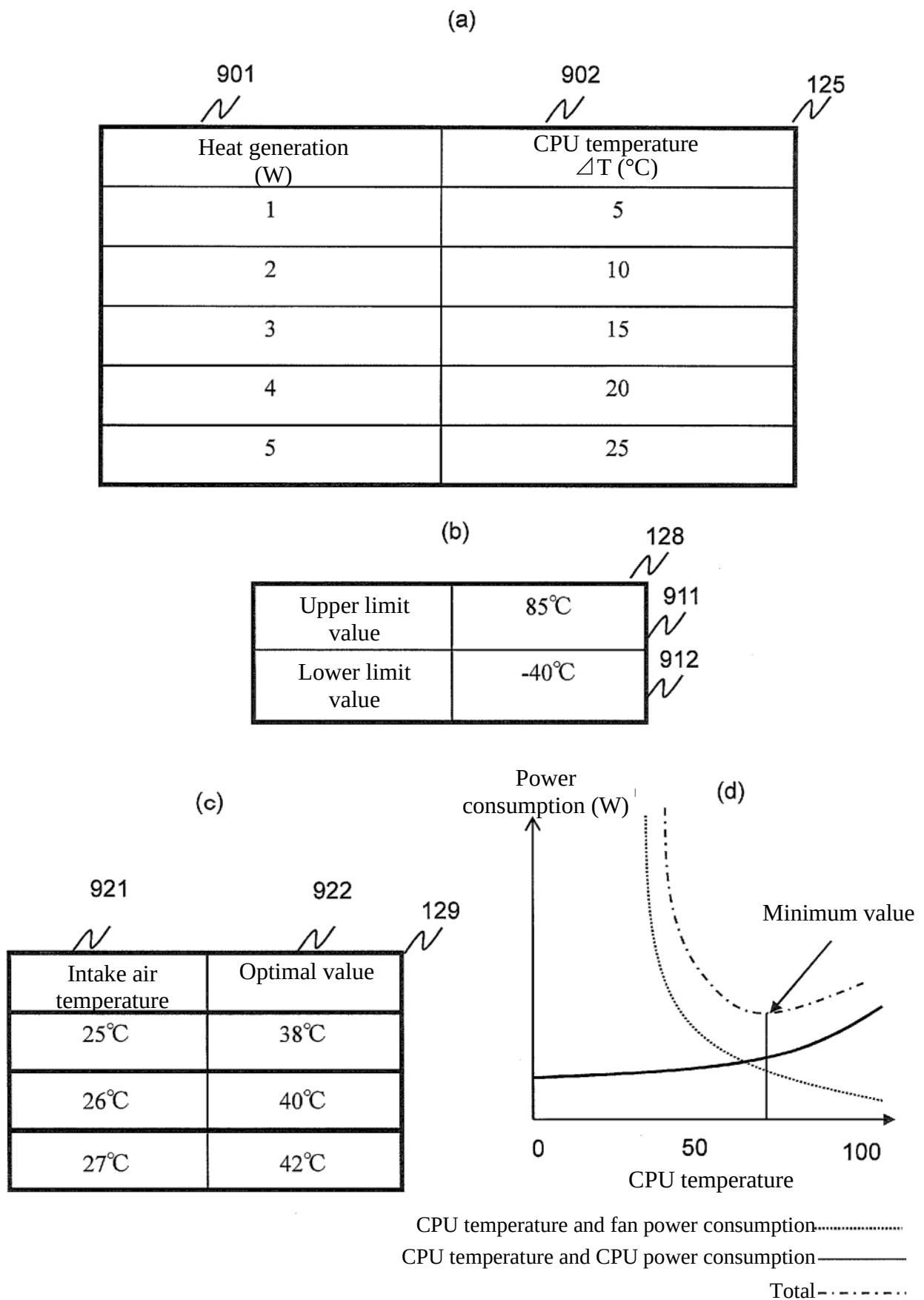
[FIG. 8]

FIG. 8

| Utilization rate (%) | Heat generation (W) |
|----------------------|---------------------|
| 0                    | 20                  |
| 10                   | 21                  |
| 20                   | 22                  |
| 30                   | 23                  |
| 40                   | 24                  |
| 50                   | 25                  |
| 60                   | 26                  |
| 70                   | 27                  |
| 80                   | 28                  |
| 90                   | 29                  |
| 100                  | 30                  |

[FIG. 9]

FIG. 9



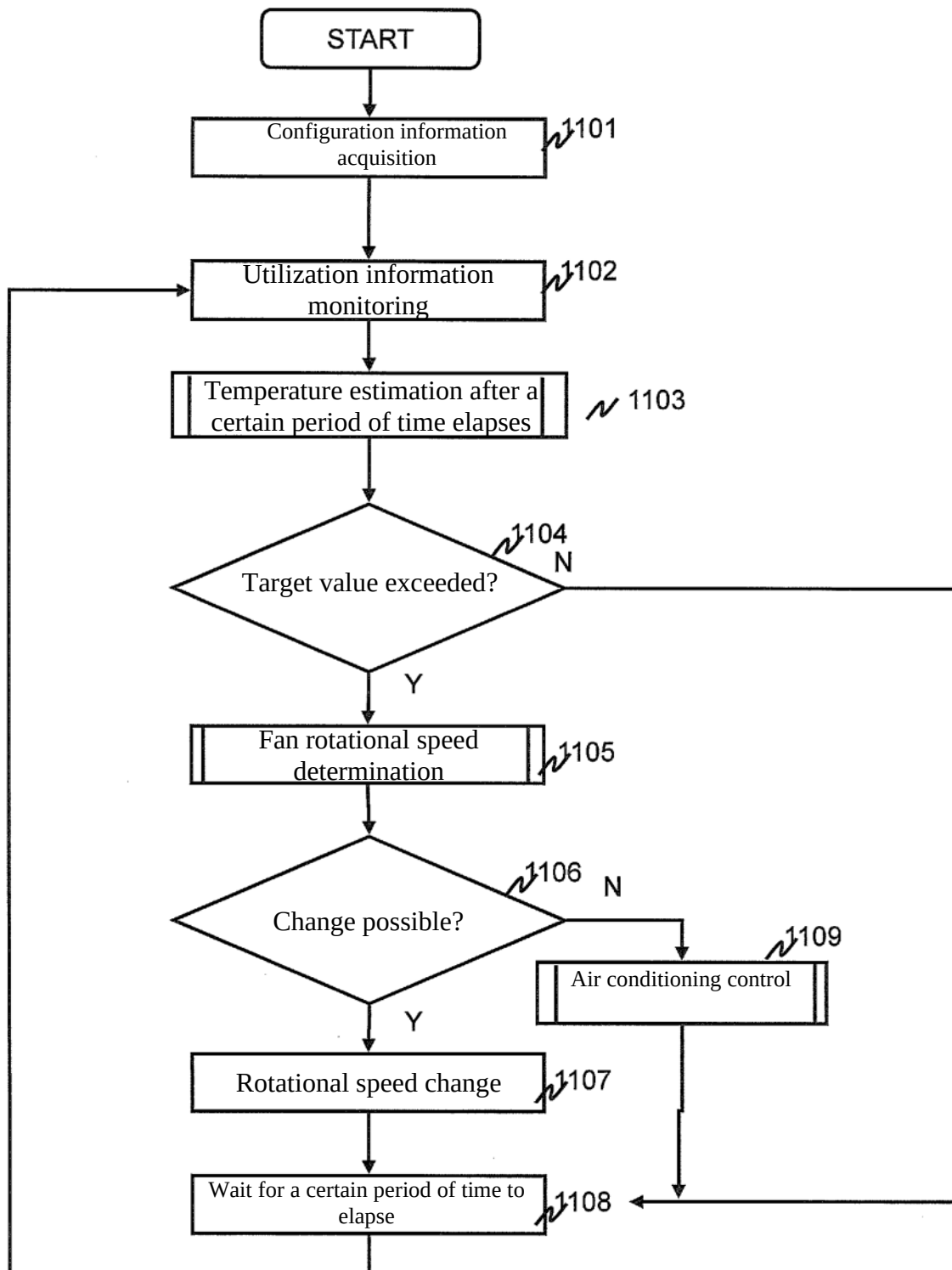
[FIG. 10]

FIG. 10

| Rotational speed | CPU temperature change $\Delta T$ (°C) |                             |                             |                             |
|------------------|----------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                  | Intake air temperature 21°C            | Intake air temperature 22°C | Intake air temperature 23°C | Intake air temperature 24°C |
| 1000             | -1.5                                   | -1.3                        | -1.2                        | -1.1                        |
| 2000             | -2.0                                   | -1.9                        | -1.8                        | -1.7                        |
| 3000             | -2.8                                   | -2.2                        | -2.0                        | -1.8                        |
| 4000             | -2.9                                   | -2.5                        | -2.3                        | -1.9                        |
| 5000             | -3.0                                   | -2.6                        | -2.3                        | -2.0                        |

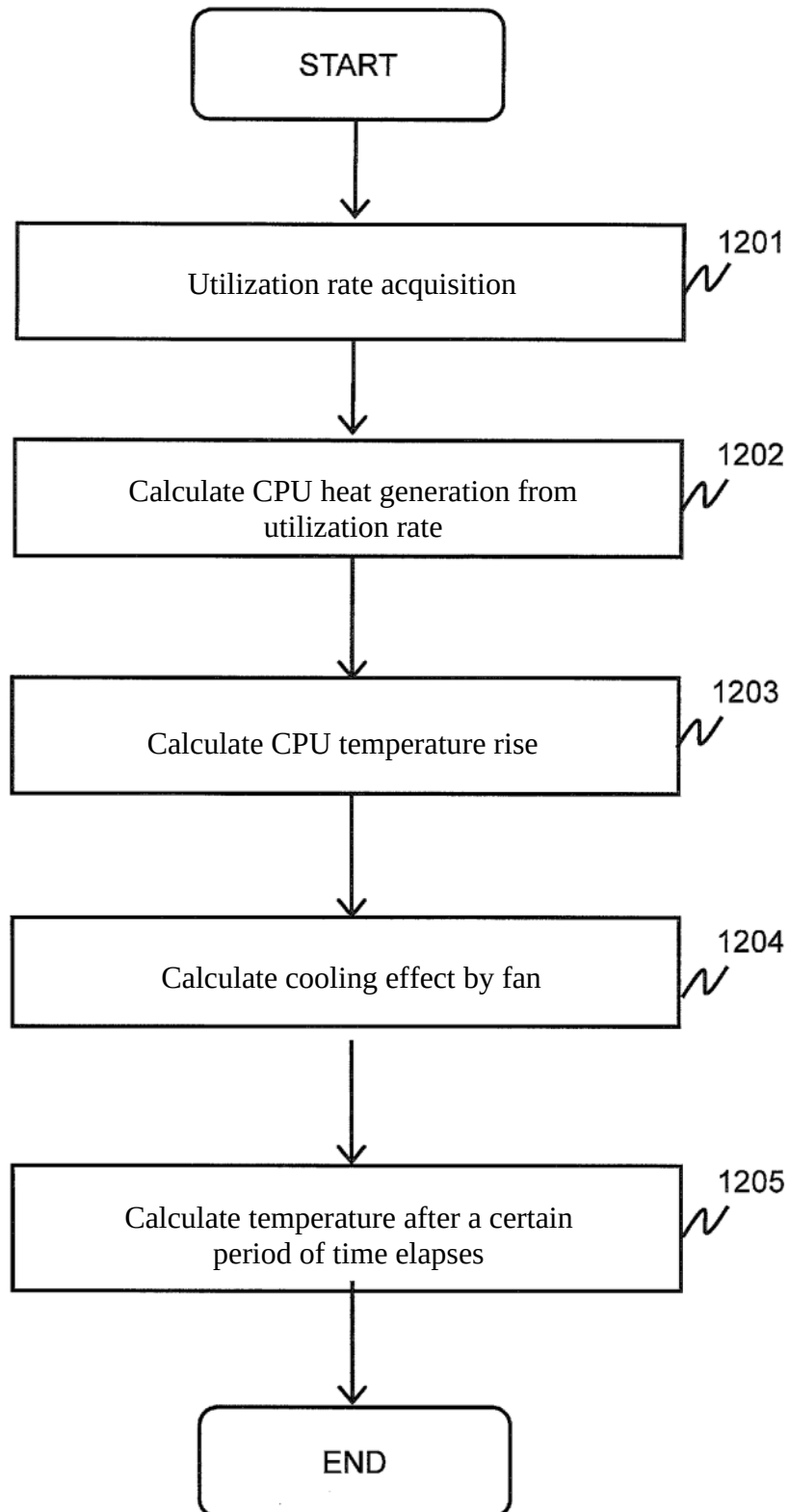
[FIG. 11]

FIG. 11



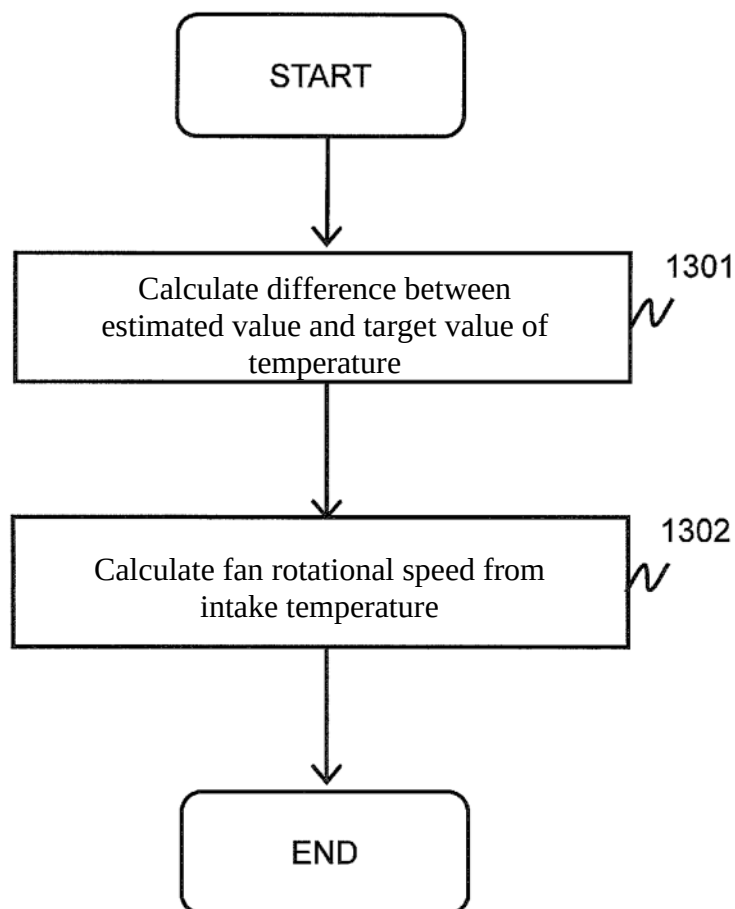
[FIG. 12]

FIG. 12

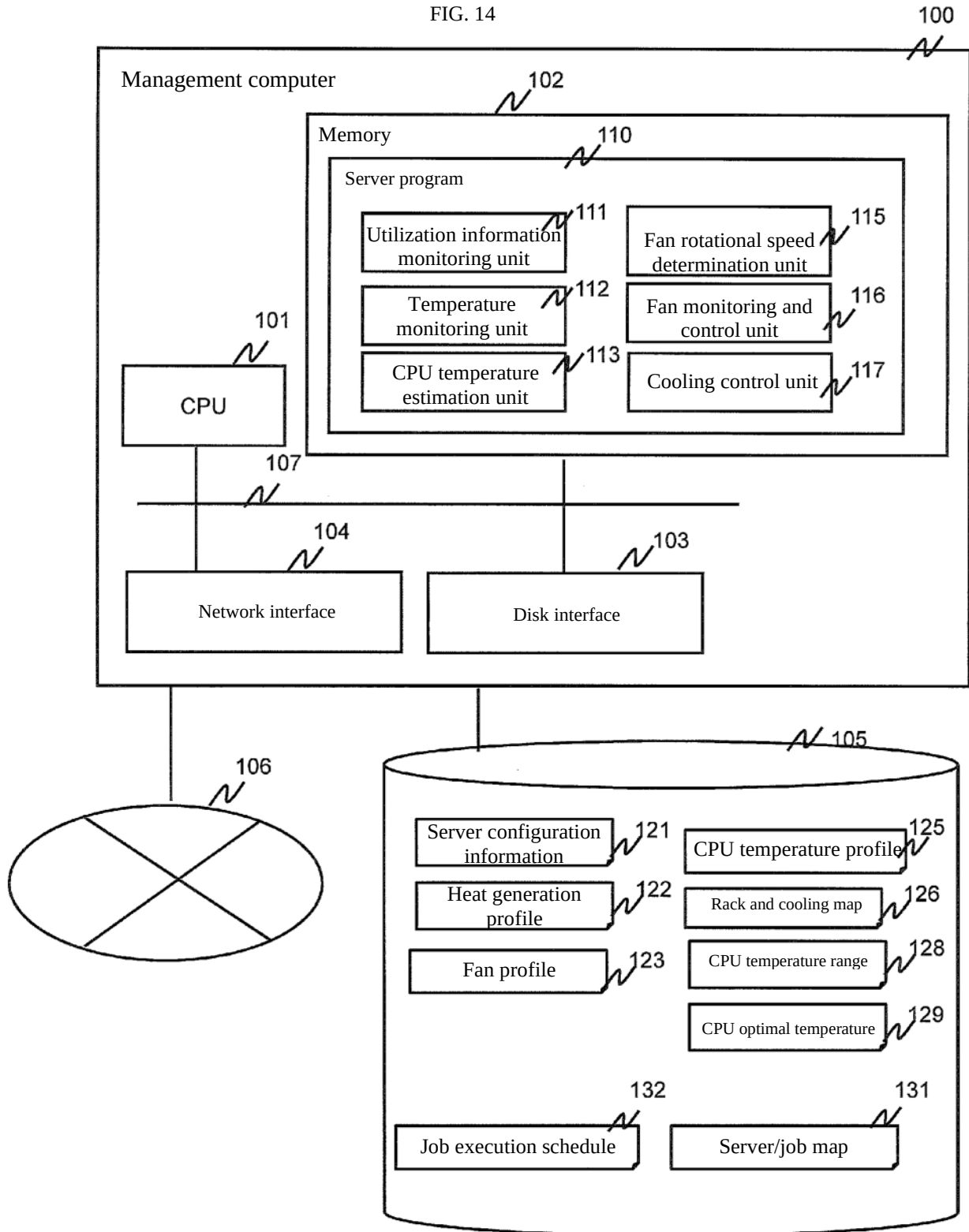


[FIG. 13]

FIG. 13



[FIG. 14]



[FIG. 15]

FIG. 15

(a)

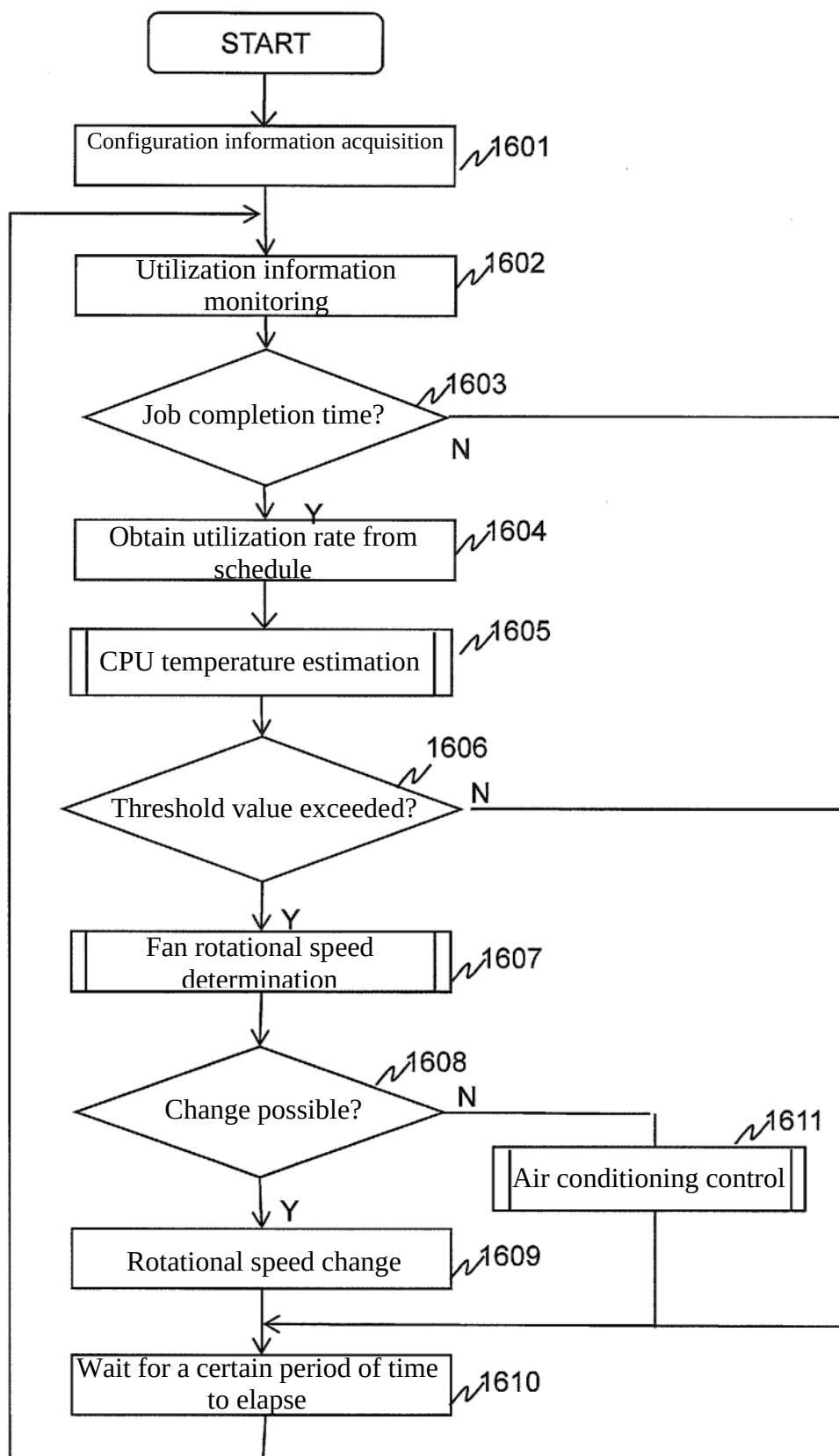
|                      |                  |                  |
|----------------------|------------------|------------------|
| 1401<br><i>N</i>     | 1402<br><i>N</i> | 1400<br><i>N</i> |
| Physical computer ID | Job type         |                  |
| Server 1             | A                |                  |
| Server 2             | B                |                  |
| Server 3             | C                |                  |

(b)

|                  |                  |                  |                  |                  |                              |                  |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------------------|------------------|
| 1411<br><i>N</i> | 1412<br><i>N</i> | 1413<br><i>N</i> | 1414<br><i>N</i> | 1415<br><i>N</i> | 1416<br><i>N</i>             | 1410<br><i>N</i> |
| Date             | Week             | Start Time       | End Time         | Job ID           | Average CPU utilization rate |                  |
| 2008/09/22       | Mon              | 00:00:00         | 08:00:00         | Job 1            | 80                           |                  |
| 2008/09/22       | Mon              | 08:00:00         | 09:00:00         | Job 2            | 70                           |                  |
| 2008/09/22       | Mon              | 12:00:00         | 13:00:00         | Job 3            | 70                           |                  |
| 2008/09/22       | Mon              | 13:00:00         | 15:00:00         | Job 4            | 75                           |                  |
| ...              |                  | ...              | ...              | ...              | ...                          |                  |

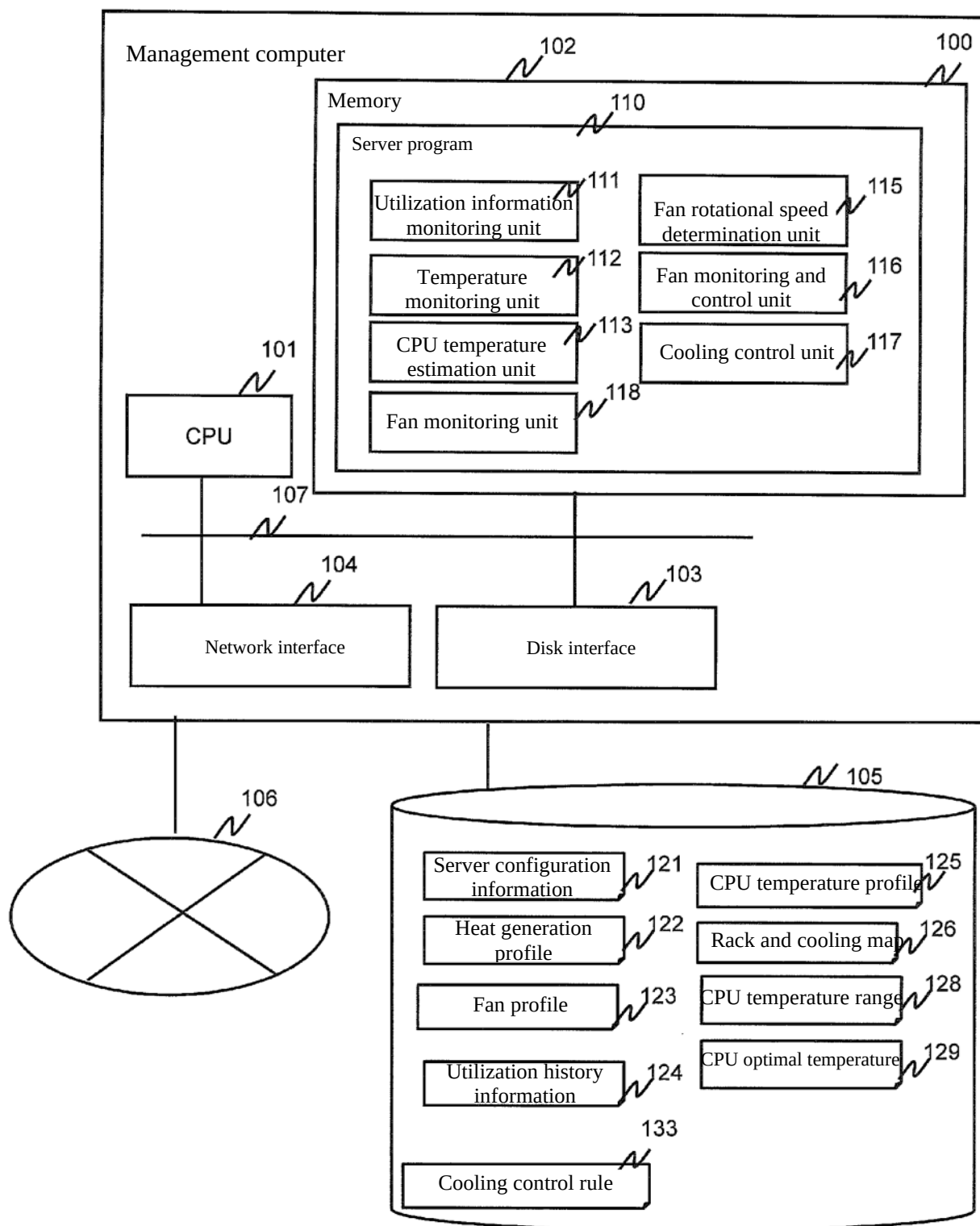
[FIG. 16]

FIG. 16



[FIG. 17]

FIG. 17



[FIG. 18]

FIG. 18

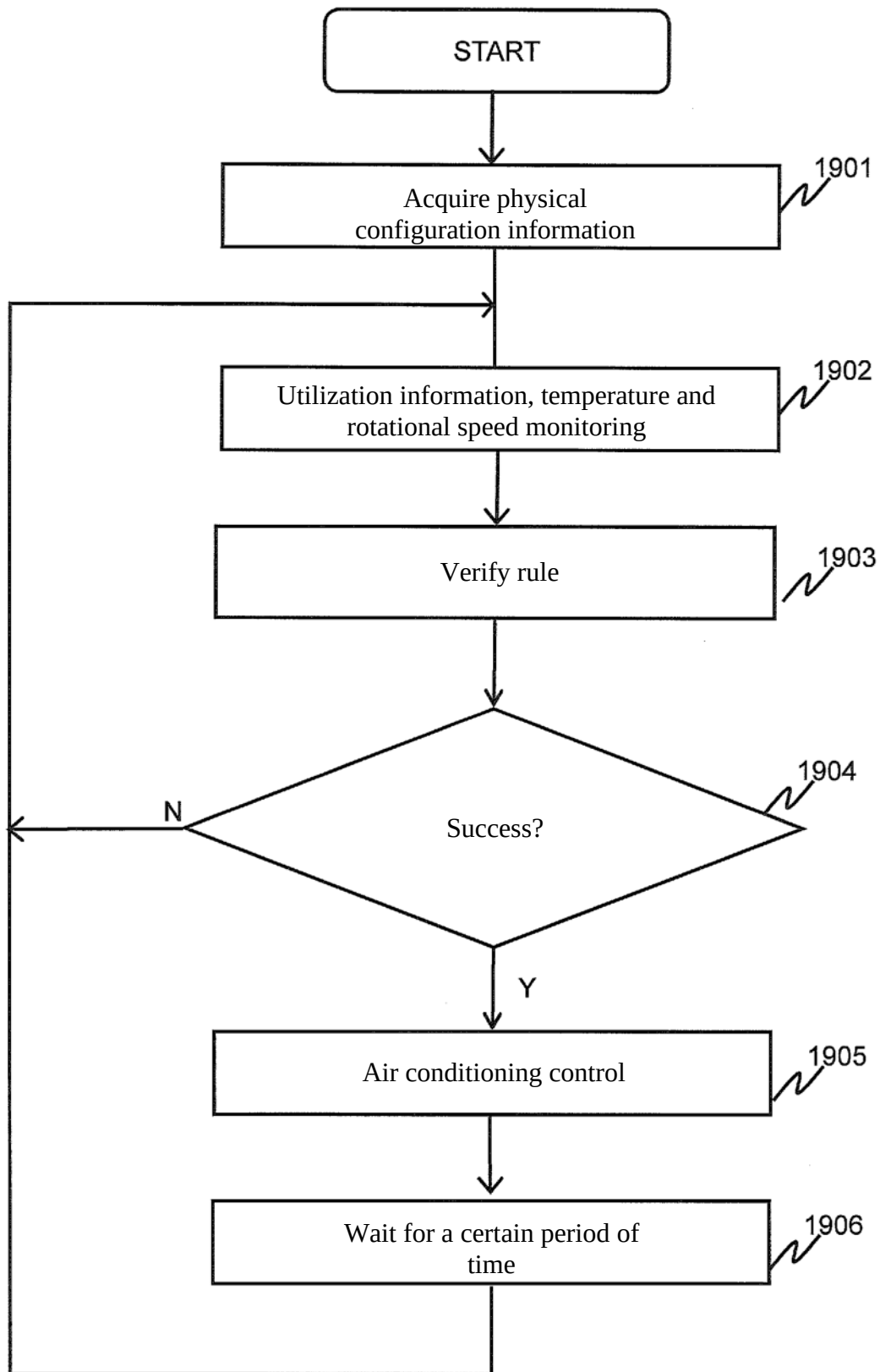
|                      |                 |
|----------------------|-----------------|
| Evaluation item      | Threshold value |
| CPU temperature      | 60°C            |
| Exhaust temperature  | 40°C            |
| Fan rotational speed | 10000           |

|                         |             |
|-------------------------|-------------|
| Air conditioning output | 5 (maximum) |
| Air outlet              | 100%        |

[FIG. 19]

FIG. 19



[FIG. 20]

FIG. 20

2010  
*N*

2011  
*N*      2012  
*N*      2013  
*N*

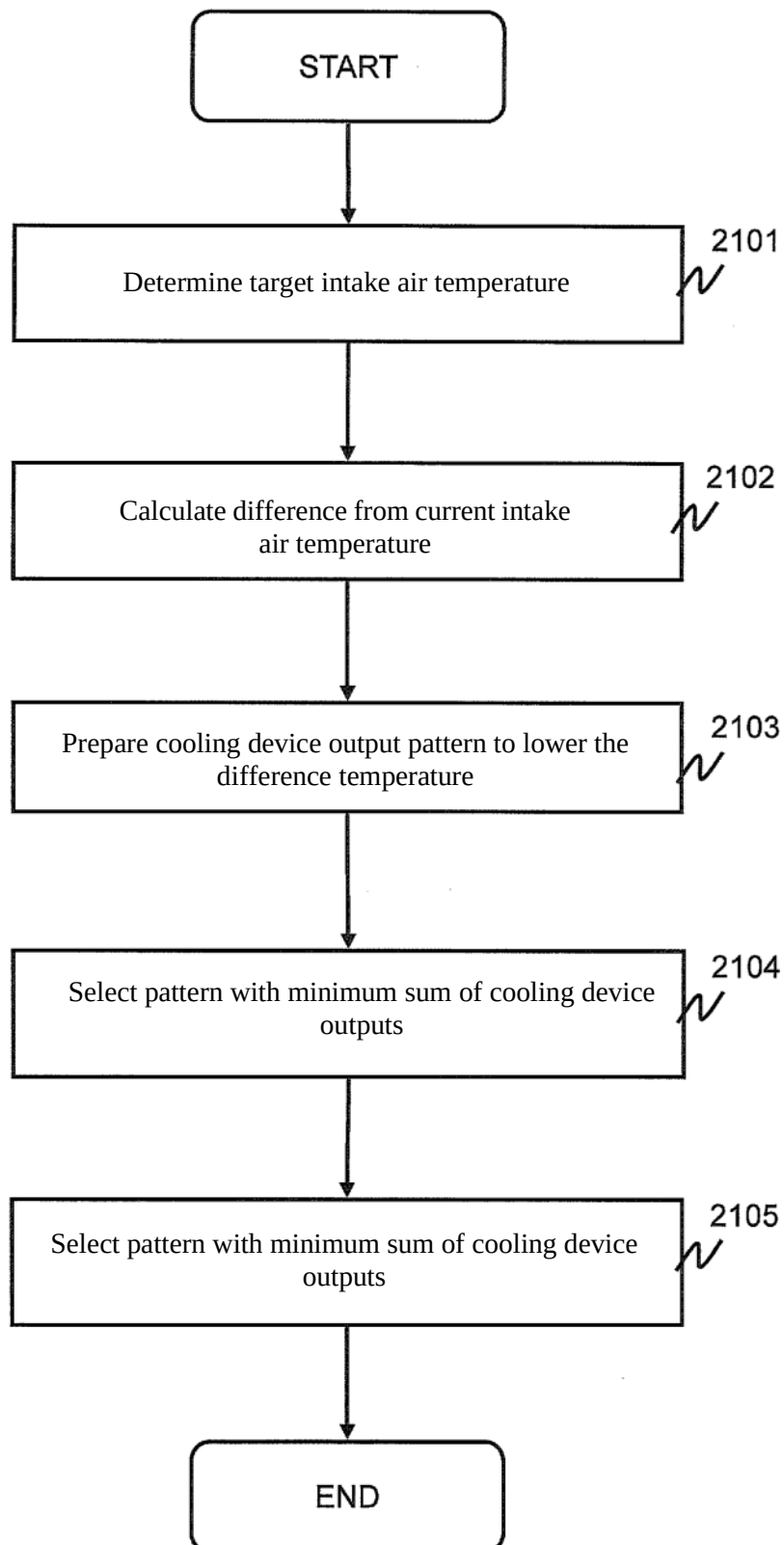
| Stage | Rack 1<br>Temperature<br>change | Rack 2<br>Temperature<br>change | Rack 3<br>Temperature<br>change | Rack 4<br>Temperature<br>change | Power<br>consumption |
|-------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------|
| 1     | -1.0                            | -1.0                            | -1.0                            | -1.0                            | 50 kW                |
| 2     | -1.5                            | -1.2                            | -2.0                            | -1.1                            | 70 kW                |
| 3     | -2.0                            | -1.3                            | -1.8                            | -1.1                            | 90 kW                |

2021  
*N*      2021  
*N*      2023  
*N*      2030  
*N*

| Combination | Cooling<br>device A<br>output | Cooling<br>device B<br>output | Power<br>consumption |
|-------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|
| 1           | 1                             | 3                             | 100 kW               |
| 2           | 2                             | 2                             | 160 kW               |
| 3           | 3                             | 1                             | 180 kW               |

[FIG. 21]

FIG. 21



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/000806

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F1/28(2006.01)i, G06F1/20(2006.01)i, G06F1/26(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06F1/28, G06F1/20, G06F1/26

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

|                           |           |                            |           |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho       | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2009 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2009 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2009 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                            | Relevant to claim No. |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y         | JP 2006-208000 A (Hewlett-Packard Development Co., L.P.),<br>10 August, 2006 (10.08.06),<br>Par. Nos. [0007] to [0048]; Figs. 1 to 6<br>& US 2006/0168975 A1 & GB 2423573 A   | 1-15                  |
| Y         | US 2007/0067136 A1 (David G. Conroy),<br>22 March, 2007 (22.03.07),<br>Claims; Par. Nos. [0024], [0040] to [0143];<br>Figs. 1 to 10<br>& WO 2007/024403 A2 & JP 2009-506424 A | 1-15                  |
| Y         | JP 2007-041739 A (NEC Access Technica, Ltd.),<br>15 February, 2007 (15.02.07),<br>Par. Nos. [0016] to [0030]; Figs. 1 to 2<br>(Family: none)                                  | 1-15                  |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 May, 2009 (19.05.09)

Date of mailing of the international search report

02 June, 2009 (02.06.09)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2009/000806

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                     | Relevant to claim No. |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y         | JP 2002-175131 A (NEC Yonezawa, Ltd.),<br>21 June, 2002 (21.06.02),<br>Par. No. [0044]; Figs. 3 to 4<br>(Family: none) | 1-15                  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                  |                                                        |             |                                                          |             |                                                  |             |                                                          |             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------|----------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------|-------------|----------------------------------------------------------|-------------|
| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (International Patent Classification (IPC))</b><br>Int.Cl. G06F1/28 (2006.01)i, G06F1/20 (2006.01)i, G06F1/26 (2006.01)i                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                  |                                                        |             |                                                          |             |                                                  |             |                                                          |             |
| <b>B. FIELDS SEARCHED</b><br>Minimum documentation searched (International Patent Classification (IPC))<br>Int.Cl. G06F1/28, G06F1/20, G06F1/26                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                  |                                                        |             |                                                          |             |                                                  |             |                                                          |             |
| Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched<br><table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">Published examined utility model applications of Japan</td> <td style="width: 50%;">1922 - 1996</td> </tr> <tr> <td>Published unexamined utility model applications of Japan</td> <td>1971 - 2009</td> </tr> <tr> <td>Registered utility model specifications of Japan</td> <td>1996 - 2009</td> </tr> <tr> <td>Published registered utility model applications of Japan</td> <td>1994 - 2009</td> </tr> </table> |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                  | Published examined utility model applications of Japan | 1922 - 1996 | Published unexamined utility model applications of Japan | 1971 - 2009 | Registered utility model specifications of Japan | 1996 - 2009 | Published registered utility model applications of Japan | 1994 - 2009 |
| Published examined utility model applications of Japan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1922 - 1996             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                  |                                                        |             |                                                          |             |                                                  |             |                                                          |             |
| Published unexamined utility model applications of Japan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1971 - 2009             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                  |                                                        |             |                                                          |             |                                                  |             |                                                          |             |
| Registered utility model specifications of Japan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1996 - 2009             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                  |                                                        |             |                                                          |             |                                                  |             |                                                          |             |
| Published registered utility model applications of Japan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1994 - 2009             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                  |                                                        |             |                                                          |             |                                                  |             |                                                          |             |
| Electronic data base consulted during the international search (name of database and search terms used)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                  |                                                        |             |                                                          |             |                                                  |             |                                                          |             |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                  |                                                        |             |                                                          |             |                                                  |             |                                                          |             |
| *                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Cited document category | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Relevant to claim No.                                                                                                                                                                            |                                                        |             |                                                          |             |                                                  |             |                                                          |             |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         | JP 2006-208000 A (Hewlett-Packard Development Co., L.P.) 10 August 2006, paragraphs [0007] - [0048], [FIG. 1] - [FIG. 6] & US 2006/0168975 A1 & GB 2423573 A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1-15                                                                                                                                                                                             |                                                        |             |                                                          |             |                                                  |             |                                                          |             |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                         | US 2007/0067136 A1 (David G. Conroy) 22 March 2007, Claims, [0024], [0040]-[0143], Fig. 1-10 & WO 2007/024403 A2 & JP 2009-506424 A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1-15                                                                                                                                                                                             |                                                        |             |                                                          |             |                                                  |             |                                                          |             |
| <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                  |                                                        |             |                                                          |             |                                                  |             |                                                          |             |
| Cited document category<br>"A" Document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance<br>"E" Earlier application or patent but published on or after the international filing date<br>"L" Document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)<br>"O" Document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means                                                                                                                                |                         | "P" Document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed<br>"T" Later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention<br>"X" Document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone<br>"Y" Document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art<br>"&" Document member of the same patent family |                                                                                                                                                                                                  |                                                        |             |                                                          |             |                                                  |             |                                                          |             |
| Date of actual completion of the international search<br>19 May 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         | Date of mailing of the international search report<br>02 June 2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                  |                                                        |             |                                                          |             |                                                  |             |                                                          |             |
| Name and mailing address of the ISA<br>Japan Patent Office (ISA/JP)<br>Postal Code 100-8915<br>3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         | Patent Office Examiner (Authorized officer)<br>AJIMA Tomoya<br>Telephone number 03-3581-1101 extension 3521                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">5E</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">9741</td> </tr> </table> | 5E                                                     | 9741        |                                                          |             |                                                  |             |                                                          |             |
| 5E                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 9741                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                  |                                                        |             |                                                          |             |                                                  |             |                                                          |             |

## C (Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| * Cited document category | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                            | Relevant to claim No. |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y                         | JP 2007-041739 A (NEC Access Technica, Ltd.) 15 February 2007, paragraphs [0016] - [0030], [FIG. 1] - [FIG. 2] (Family: none) | 1-15                  |
| Y                         | JP 2002-175131 A (NEC Yonezawa, Ltd.) 21 June 2002, paragraphs [0044], [FIG. 3] - [FIG. 4] (Family: none)                     | 1-15                  |