



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104040311 A

(43) 申请公布日 2014. 09. 10

(21) 申请号 201180075427. 2

(22) 申请日 2011. 12. 21

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2014. 06. 11

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2011/073625 2011. 12. 21

(87) PCT国际申请的公布数据
W02013/091692 EN 2013. 06. 27

(71) 申请人 意大利电信股份公司
地址 意大利米兰

(72) 发明人 R·安东尼 F·F·法瑞茨
M·盖斯帕瑞多尼

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专
利商标事务所 11038
代理人 罗亚男

(51) Int. Cl.
G01K 1/14 (2006. 01)
G01K 7/42 (2006. 01)

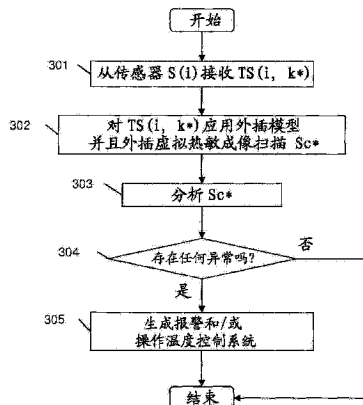
权利要求书2页 说明书12页 附图8页

(54) 发明名称

用于房间内温度监视的系统及方法

(57) 摘要

公开了用于监视房间内调查表面的温度的方法。该方法包括：提供耦合到调查表面的N个温度传感器；从这多个温度传感器接收各自的温度值；对所接收到的温度值应用外插模型并且外插调查表面的外插热敏成像扫描；并且基于外插的热敏成像扫描监视调查表面的温度。



1. 一种用于监视房间 (R) 内的调查表面 (SV) 的温度的方法, 这种方法包括:
 - a) 提供耦合到调查表面 (SV) 的多个, N 个, 温度传感器 (S(i));
 - b) 从所述多个温度传感器 (S(i)) 接收各自的温度值 ($T_s(i, k^*)$);
 - c) 对所述接收到的温度值 ($T_s(i, k^*)$) 应用外插模型并且外插调查表面 (SV) 的外插的热敏成像扫描 ($Sc^*(i), Sc^*(p, q)$); 及
 - d) 基于所述外插的热敏成像扫描 ($Sc^*(i), Sc^*(p, q)$) 监视调查表面 (SV) 的温度。
2. 如权利要求 1 所述的方法, 还包括, 在属于样本收集周期 (SP) 的 K 个离散时刻 (t_k), 从所述 N 个温度传感器 (S(i)) 接收第一温度值 ($T_s(i, k)$) 和对应的样本热敏成像扫描 ($Sc(k)$), 其中每个所述样本热敏成像扫描 ($Sc(k)$) 包括在调查表面 (SV) 的多个, $P \times Q$ 个, 像素处感测到的第二温度值 ($T_c(p, q, k)$) 的矩阵。
3. 如权利要求 2 所述的方法, 还包括基于所述第一温度值 ($T_s(i, k)$) 和所述对应样本热敏成像扫描 ($Sc(k)$) 的所述第二温度值 ($T_c(p, q, k)$) 计算所述外插模型的外插系数。
4. 如权利要求 3 所述的方法, 其中所述计算包括, 对于所述多个像素中的每一个, 关联像素与各自的温度传感器 (S(i)) 并且通过次数等于或高于 1 的多项式作为对应于所述所关联温度传感器 (S(i)) 的第一温度值 ($T_s(i, k)$) 的函数来内插对应于所述像素的所述第二温度值 ($T_c(p, q, k)$)。
5. 如权利要求 3 所述的方法, 其中所述计算还包括在所述像素处识别第一热动态和第二热动态并且把每个所述第二温度值 ($T_c(p, q, k)$) 和对应的第一温度值 ($T_s(i, k)$) 关联到所述第一热动态和第二热动态中的一个。
6. 如权利要求 3 所述的方法, 其中所述计算包括, 对于所述多个像素中的每一个, 定义并求解 N 个线性方程的 K/N 个系统, 每个所述线性方程把在时刻 (t_k) 对应于所述像素的第二温度值 ($T_c(p, q, k)$) 关连到在所述时刻 (t_k) 从所述 N 个温度传感器 (S(i)) 接收到的 N 个第一温度值 ($T_s(i, k)$)。
7. 如前面任何一项权利要求所述的方法, 其中所述步骤 a) 还包括接收调查表面 (SV) 的第一热敏成像扫描、识别所述调查表面 (SV) 上的多个区域 (HS) 并且在所述区域 (HS) 中布置所述多个温度传感器 (S(i))。
8. 如权利要求 7 所述的方法, 其中所述识别包括识别其中温度高于阈值的多个区域 (HS)。
9. 如前面任何一项权利要求所述的方法, 还包括处理所述外插的热敏成像扫描 ($Sc^*(i), Sc^*(p, q)$) 并且检测一个或多个温度异常。
10. 如权利要求 9 所述的方法, 还包括生成报警信号和 / 或操作房间 (R) 内的温度控制系统, 以便从一个或多个温度异常恢复。
11. 一种用于监视房间 (R) 内的调查表面 (SV) 的温度的温度监视系统 (TMS), 所述系统 (TMS) 包括:
 - 耦合到调查表面 (SV) 的多个, N 个, 温度传感器 (S(i));及
 - 与所述多个温度传感器 (S(i)) 通信的控制单元 (CU),其中所述控制单元 (CU) 配置为从所述多个温度传感器 (S(i)) 接收各自的温度值 ($T_s(i, k^*)$); 对所述接收到的温度值应用外插模型并且外插已外插的热敏成像扫描

(Sc*(i), Sc*(p, q)) ;并且基于所述外插的热敏成像扫描 (Sc*(i), Sc*(p, q)) 监视房间 (R) 的温度。

12. 如权利要求 11 所述的温度监视系统 (TMS), 其中所述温度传感器 (S(i)) 包括热电偶。

13. 如权利要求 11 所述的温度监视系统 (TMS), 其中所述温度传感器 (S(i)) 包括 NTC 热敏电阻。

14. 如权利要求 11 至 13 中任何一项所述的温度监视系统 (TMS), 其中所述控制单元 (CU) 还配置为从热敏成像照相机 (TC) 接收调查表面 (SV) 的至少一个热敏成像扫描。

15. 如权利要求 14 所述的温度监视系统 (TMS), 其中所述热敏照相机 (TC) 连接到所述控制单元 (CU)。

用于房间内温度监视的系统及方法

技术领域

[0001] 本发明一般而言涉及温度监视系统领域。具体地,本发明涉及用于监视诸如包括一个或多个电信和 / 或处理装备,例如服务器,的机架的数据中心的房间内的表面的温度的系统及方法。

背景技术

[0002] 如已知的,数据中心是通常适于寄存大量例如服务器、路由器、交换机等计算和 / 或电信装置的房间。这些装置通常安装到在数据中心内部按行布置的机架中。

[0003] 在其操作过程中,数据中心的所包括的计算和 / 或电信装置产生热量。这种热量通常被迫通过在其外壳上提供的冷却网格离开装置。于是,装置产生的热量使数据中心内的空气变暖并且室温会达到非常高的值。具体地,空气温度会达到可能造成计算和 / 或电信装置的误动的临界值。

[0004] 通常,数据中心包括用于维持室温低于某个值的系统,特别是用于维持室温低于预定阈值的冷却系统(例如,空调系统),以保证计算和 / 或电信装置安全且正确的运行。于是,为了操作冷却系统,为数据中心提供能够感测室温并检测室温什么时间和什么地点增加到高于阈值的温度监视系统是必要的。

[0005] 用于监视房间内所包括的装置的温度以及尤其是房间内给定表面上的温度的温度监视系统可以包括位于房间内某些位置的几个温度传感器。每个传感器检测对应于那个位置的温度的单个温度值。而且,通常,这种检测在时间上是离散的。固定的传感器连接到控制单元,通常,如果一个或多个传感器检测到的温度增加到高于安全性阈值,控制单元就处理检测到的温度值并且操作可能的冷却系统的控制单元。

[0006] 作为替代,一个红外线或热敏成像照相机可以用来监视房间内表面的温度。热敏成像照相机通常获取被监视的表面的热敏成像扫描,该扫描是相对于所述表面的像素网格的温度值的二维矩阵。实际上,热敏成像照相机通常实现为能够检测由该表面中存在的物质发射的红外线辐射的温度传感器,诸如微测辐射热计,的二维矩阵。红外线辐射由照相机的传感器检测并且被处理,以提供热敏成像扫描。由照相机检测到的红外线辐射的值被进一步处理,以提供表面的图像,通常是灰度级图像或假彩色图像,其中与每个像素关联的灰色调或者颜色代表表面中像素的对应位置的温度样本值。

[0007] US 2005/0008215A1 公开了一种系统,其包括用于通过随时间推移获得一系列样本图像来确定样本的具有单调变化特性的时间响应的红外线照相机。

发明内容

[0008] 本发明人注意到以上所述的温度监视系统有一些缺陷。

[0009] 实际上,当温度在空间和时间中快速变化时,包括固定的温度传感器的系统不允许准确地监视温度。在原理上,为了提供更高的准确度,将需要在房间内定位非常大量的传感器,或者根据房间内温度值随时间变化的空间分布而改变传感器的位置。不利的是,在这

两种情况下,系统实现起来都将过于复杂和过于昂贵。

[0010] 另一方面,包括一个热敏成像照相机的系统将允许比以上系统更详细地监视房间的表面上的温度的变化,但不利的是它非常昂贵。

[0011] 鉴于以上所述,本发明人解决了提供解决以上提到的缺陷的、用于监视诸如数据中心的房间内表面温度的方法及系统的问题。具体地,本发明人解决了提供用于监视温度的方法及系统的问题,所述方法和系统提供了基本上与热敏成像照相机所提供的细节具有可比性的细节程度并且与几个固定温度传感器的系统的成本基本上具有可比性的成本。

[0012] 在本描述中和在权利要求中,被监视的表面通常将被称为“调查表面”并且它可以包括房间内所包括的装置的表面部分。在数据中心的情况下,调查表面可以包括单个机架或一排机架的正面或背面部分。

[0013] 而且,在本描述中和在权利要求中,表述“耦合到调查表面的传感器”将在它们可以位于调查表面上或者调查表面附近的意义上指示与调查表面关联的传感器。

[0014] 根据第一方面,本发明提供了用于监视房间内调查表面的温度的方法,这种方法包括:

[0015] a) 提供耦合到调查表面的多个, N 个,温度传感器;

[0016] b) 从这多个温度传感器接收各自的温度值;

[0017] c) 对接收到的温度值应用外插模型并且外插调查表面的外插热敏成像扫描;及

[0018] d) 基于外插的热敏成像扫描监视调查表面的温度。

[0019] 优选地,该方法还包括,在属于样本收集周期的多个, K 个,离散时刻,从所述 N 个温度传感器接收第一温度值以及对应的样本热敏成像扫描,其中每个样本热敏成像扫描包括在调查表面的多个, $P \times Q$, 个像素感测到的第二温度值的矩阵。

[0020] 优选地,该方法还包括基于第一温度值和对应样本热敏成像扫描的第二温度值计算外插模型的外插系数。

[0021] 优选地,计算步骤包括,对于这多个像素,关联像素与各自的温度传感器并且通过次数等于或高于 1 的多项式作为对应于所关联温度传感器的第一温度值的函数来内插对应于像素的第二温度值。

[0022] 优选地,计算步骤还包括在所述像素识别第一热动态和第二热动态并且把第二温度值和对应第一温度值中的每个关联到第一热动态和第二热动态当中的一个。

[0023] 优选地,计算步骤包括,对于多个像素中的每一个,定义并求解 N 个线性方程的 K/N 个系统,每个线性方程把在一个时刻对应于像素的第二温度值关连到在该时刻从 N 个温度传感器接收到的 N 个第一温度值。

[0024] 优选地,步骤 a) 还包括接收调查表面的第一热敏成像扫描,识别调查表面上的多个区域并且在这些区域中布置多个温度传感器。

[0025] 优选地,识别步骤包括识别其中温度高于阈值的多个区域。

[0026] 优选地,该方法还包括处理外插的热敏成像扫描并且检测一个或多个温度异常。

[0027] 优选地,该方法还包括生成报警信号和 / 或操作房间内的温度控制系统,以便从一个或多个温度异常恢复。

[0028] 根据第二方面,本发明提供了用于监视房间内调查表面的温度的温度监视系统,该系统包括:

- [0029] - 耦合到调查表面的多个, N 个, 温度传感器 ; 及
- [0030] - 与这多个温度传感器通信的控制单元,
- [0031] 其中控制单元配置为从这多个温度传感器接收各自的温度值 ; 对接收到的温度值应用外插模型并且外插已外插的热敏成像扫描 ; 并且基于外插的热敏成像扫描监视房间的温度。
- [0032] 优选地, 温度传感器包括热电偶。
- [0033] 作为替代, 温度传感器包括 NTC 热敏电阻。
- [0034] 优选地, 控制器还配置为从热敏成像照相机接收调查表面的至少一个热敏成像扫描。
- [0035] 优选地, 热敏成像照相机连接到控制单元。

附图说明

- [0036] 当参考附图阅读时, 通过阅读以下作为例子而不是限制给出的具体描述, 本发明的实施例将得到更好的理解, 附图中 :
- [0037] - 图 1 是数据中心的示意性顶视图 ;
- [0038] - 图 2 是图 1 的数据中心内的一排机架的正视图 ;
- [0039] - 图 3 示出了根据本发明实施例的温度监视系统 ;
- [0040] - 图 4 根据本发明实施例示出了图 3 的系统的初始化的流程图 ;
- [0041] - 图 5 根据本发明实施例示出了图 3 的系统的操作的流程图 ;
- [0042] - 图 6 示出了关于由图 3 的系统的两个温度传感器感测到的随时间变化的温度的两个示例性图, 以及一些对应的示例性热敏成像扫描 ;
- [0043] - 图 7a 和 7b 分别示出了具有温度数据的图和其中线性插值曲线叠加到该数据的同一个图 ; 及
- [0044] - 图 8 示出了由图 3 的系统的温度传感器感测到的温度的另一个示例性图。

具体实施例

[0045] 图 1 是房间 R 的顶视图。房间 R 可以是数据中心。在房间 R 中有按排布置并且包括计算和 / 或电信装置的几个机架 CK, 其中计算和 / 或电信装置诸如像服务器、路由器、交换机等。具体地, 在图 1 的房间 R 中, 提供了三排 (从 A 到 C), 每排四个机架。第一排 A 的机架表示为 CK1A、CK2A、CK3A 和 CK4A, 并且第二和第三排的其他机架以类似的方式表示。

[0046] 而且, 在图 1 中, 示出了热敏成像照相机 TC, 这种照相机能够获取房间 R 内部表面的热敏成像扫描。这种表面可以包括位于机架中的装置的前面 / 背面 / 侧面部分。在下面, 为了非限制性例子, 将假设热敏成像照相机 TC 获取包括第一排机架 CK1A、CK2A、CK3A 和 CK4A 中的装置的正面部分的热敏成像扫描, 如图 1 中所表示的。图 1 还示出了热敏成像照相机 TC 的视场 (FOV) 的示意性表示, 作为在离机架给定距离 d 可以被热敏成像照相机 TC 看到的区域。在下面, 可以在这种区域内被热敏成像照相机 TC 看到的表面将被称为“调查表面 SV”。调查表面可以包括位于单个平面上或者多于一个平面上的机架前表面。换句话说, 机架的前表面可以属于一个 (垂直) 平面 (如图 1 中所示的) 或者属于几个 (垂直) 平面。

[0047] 热敏成像照相机 TC 可以包括红外线传感器, 诸如微测辐射热计, 的矩阵。每个传感器通常感测调查表面 SV 中一个像素的温度。照相机的传感器的个数可以是例如 160×120 或者 320×240 。每个传感器的测量误差可以例如等于大约 $\pm 2^\circ\text{C}$ 。

[0048] 图 2 是第一排机架 CK1A、CK2A、CK3A 和 CK4A 的正视图。具体地, 它示出了由热敏成像照相机 TC 看到的调查表面 SV, 包括第一排机架 CK1A、CK2A、CK3A 和 CK4A 中装置的前面部分。

[0049] 根据本发明的方法的实施例, 取得调查表面 SV 的第一热敏成像扫描。图 2 示意性地示出了调查表面 SV 中温度高于预定义阈值的三个区域 HS(1)、HS(2) 和 HS(3)。对于所描述的实施例, 调查表面 SV 的剩余区域被认为处于低于预定义阈值的温度。区域 HS(1)、HS(2) 和 HS(3) 可以对应于调查表面 SV 中的热源。热源 HS 可以是例如安装在调查表面 SV 中所包括的机架中的装置的冷却网格。

[0050] 根据本发明的实施例, 温度传感器布置在调查表面 SV 的特殊位置。如图 3 中所表示的, 具体地, 一个或多个温度传感器 S(1)、S(2)、S(3) 布置在每个区域 HS(1)、HS(2) 和 HS(3) 中。为了本描述的简化, 单个温度传感器 S(1)、S(2)、S(3) 布置在每个区域 HS(1)、HS(2) 和 HS(3) 中。根据备选实施例, 温度传感器 S(1)、S(2)、S(3) 可以是任意数量并且它们可以关于区域 HS(1)、HS(2) 和 HS(3) 布置在不同的位置。每个温度传感器 S(1)、S(2)、S(3) 可以包括例如热电偶或 NTC(负温度系数) 热敏电阻。

[0051] 温度传感器 S(1)、S(2)、S(3) 连接到控制单元 CU。控制单元 CU 和每个温度传感器 S(1)、S(2)、S(3) 之间的连接可以是有线连接或无线连接。温度传感器 S(1)、S(2)、S(3) 和控制单元 CU 包括在温度监视系统 TMS 中。

[0052] 上述温度监视系统 TMS 配置为实现用于监视调查表面 SV 上的温度的方法, 如下文中将参考图 4 和 5 的流程图更具体描述的。

[0053] 图 4 示出了温度监视系统 TMS 的初始化步骤。

[0054] 在步骤 201 中, 温度监视系统 TMS 的控制单元 CU 接收调查表面 SV 的第一热敏成像扫描, 基于此, 在步骤 202 中, 它识别包括在调查表面 SV 中的热源 HS, 如上所述。在步骤 203, 温度传感器 S 布置在房间 R 中对应于在步骤 202 识别出的热源 HS 的位置的位置。

[0055] 作为替代, 温度传感器 S 可以布置在不同的位置。例如, 步骤 201 和 202 可以被跳过并且温度传感器可以不考虑热源(如以上所定义的)在房间 R 中实际存在的事实而布置。例如, 备选布置可以每个机架提供一个温度传感器。而且, 一个或多个温度传感器 S 可以在温度监视系统 TMS 的初始化之前已经在房间 R 中存在。

[0056] 在本描述的以下部分中将假设, 在温度监视系统 TMS 的初始化过程中, 每个被考虑的热敏成像扫描是通过连接到控制单元 CU 的热敏成像照相机 TC 获取的并且热敏成像照相机 TC 能够感测维度为 $P \times Q$ 的温度值的二维矩阵, 这个二维矩阵包括中心位于坐标点 (x_p, y_q) 的一组离散的 $P \times Q$ 个像素的 $P \times Q$ 个温度值, 其中 $p = 1, \dots, P, q = 1, \dots, Q$ (这种坐标是由图 2 和 3 中所示的轴 X 和 Y 识别出的二维平面中的点的坐标并且其中心在例如调查表面 SV 的左下角)。例如, 温度值的矩阵可以具有维度 320×240 并且因此它可以包括调查表面 SV 的 76800 个像素的温度值。在以下描述中, 坐标空间 (x_p, y_q) 中的点将简单地指示为“点 (x_p, y_q) ”。

[0057] 在下一步 204 中, 控制单元 CU 优选地定义样本收集周期 SP, 在这个期间, 控制单元

CU 将接收在调查表面 SV 内由每个温度传感器 S(1)、S(2)、S(3) 感测到的温度的样本以及, 同时, 调查表面 SV 的各个样本热敏成像扫描, 如将在下文中更具体描述的。

[0058] 样本收集周期 SP 优选地是基于关于调查表面 SV 内温度随时间如何演化的初步评估来确定的。具体地, 样本收集周期 SP 的持续时间选择成使得在这个间隔中调查表面 SV 中, 尤其是在热源 HS, 的温度包括在最大可能的温度范围内。这种范围的最小值和最大值依赖于调查表面 SV 内所包括的装置 (即, 热源 HS) 的不同工作条件。这有利地允许提高用于监视温度的方法的准确度, 如在下面将要解释的。在表面 SV 包括一排或多排机架的情况下, 样本收集周期 SP 是基于机架中所包括的装置的操作简介确定的。例如, 服务器可以在白天接通并且它可以在白天根据连接到其的用户数量执行可变的多个应用。这个服务器可以在晚上断开。在这种情况下, 在服务器冷却网格的温度会在白天达到最大值并且在晚上达到最小值。因此, 样本收集周期 SP 的持续时间可以选择成等于一天, 使得在样本收集周期 SP 中关于热源 (服务器) 的温度变化尽可能大。

[0059] 在步骤 204 中, 控制单元 CU 优选地接收在样本收集周期 SP 的 K 个采样时刻 t_k 由温度传感器 S 感测到的温度值, 其中 $k = 0, 1, 2, \dots, K$ 。优选地, 采样时刻 t_k 在样本收集周期 SP 中按时间均匀地隔开。温度值由温度传感器以依赖于每个传感器开始对新温度值有反应的时间并且依赖于该传感器处的温度变化范围的频率而被感测。通常, 对于有线传感器, 频率只依赖于温度的变化范围并且因此两个相继时刻 t_k 之间的间隔可以从十分之几秒到几分钟变化。在无线传感器的情况下, 频率依赖于传感器利用其供电的电池的持续时间并且两个相继时刻 t_k 之间的间隔相应地选择, 通常是例如 5 分钟。

[0060] 图 6 在其上部示出了两个示例性图, 示出了在采样时刻 t_0 、 t_1 、 t_2 等被两个温度传感器 S(1) 和 S(2) 感测到的温度 (单位为 $^{\circ}\text{C}$)。

[0061] 此外, 在步骤 204 中, 控制单元 CU 优选地在每个采样时刻 t_k 接收调查表面 SV 对应的样本热敏成像扫描 $Sc(k)$, $k = 0, 1, 2, \dots, K$ 。如以上所提到的, 样本热敏成像扫描 $Sc(k)$ 优选地是通过连接到控制单元 CU 的热敏成像照相机获取的。在图 6 中, 示出了三个灰度级图像, 这三个图像指示分别在采样时刻 t_0 、 t_1 、 t_2 获取的三个接连的样本热敏成像扫描 $Sc(0)$ 、 $Sc(1)$ 和 $Sc(2)$ 。

[0062] 因此, 在步骤 204 中, 控制单元 CU 优选地在每个采样时刻 t_k 存储以下信息:

[0063] - 由 N 个传感器 S(i) 感测到的一组 N 个温度值 $Ts(i, k)$, $i = 1, \dots, N$, 其中这种温度值中每一个指示由关联到传感器 S(i) 的热源 HS(i) 达到的温度; 及

[0064] - 由位于调查表面 SV 的点 (x_p, y_q) 的热敏成像照相机获取的、包括 $P \times Q$ 个温度值 $Tc(p, q, k)$ 的两维矩阵的对应样本热敏成像扫描 $Sc(k)$, $p = 1, \dots, P$, $q = 1, \dots, Q$ 。

[0065] 然后, 在步骤 205 中, 从以上所述的信息开始, 控制单元 CU 优选地计算外插模型的一组外插系数, 用于从由温度传感器 S(i) 感测到温度值 $Ts(i, k)$ 得出另一个热敏成像扫描。具体地, 在步骤 205 中, 控制单元 CU 定义把由位于调查表面 SV 的点 (x_p, y_q) 的温度传感器 S(i) 感测到的温度关连到样本热敏成像扫描 $Sc(k)$ 中所包括的对应温度的一组数学关系。如下文中更具体描述的, 一旦这些关系被定义并且初始化操作结束, 当使温度监视系统 TMS 操作时, 控制单元 CU 将能够仅从由温度传感器 S(i) 感测到的温度得出调查表面 SV 的热敏成像扫描, 而不使用任何其它的测量仪器, 诸如热敏成像照相机 TC。为此, 控制单元 CU 将简单地把外插模型应用到由温度传感器 S(i) 感测到的温度, 即, 它将把以上所述的数

学关系应用到由温度传感器 $S(i)$ 感测到的温度,这个数学关系将提供“虚拟”热敏成像扫描的对应温度。

[0066] 根据本发明的第一种实施例,为了计算以上所述的外插系数,假设热源 $HS(i)$ 是独立的热源。这意味着在调查表面 SV 内,每个点 (x_p, y_q) 的温度受单个热源 $HS(i)$,即,最靠近那个点的热源 $HS(i)$,影响。例如,参考图 2 中所示的点 (x_p, y_q) ,假设其温度只受热源 $HS(2)$ 的影响。根据这种实施例,在步骤 205 中,控制单元 CU 优选地把每个样本热敏成像扫描 $Sc(k)$ 分成对应于 N 个热源 $HS(i)$ 的多个子矩阵。具体地,控制单元 CU 优选地为每个热源 $HS(i)$ 识别由位于点 (x_p, y_q) 的、其温度只受热源 $HS(i)$ 影响的热敏成像照相机感测到的温度值的子矩阵(在下文中,这种点 (x_p, y_q) 的集合将表示为“热源 $HS(i)$ 的域”)。

[0067] 因此,在每个采样时刻 t_k 和对每个热源 $HS(i)$,为控制单元 CU 提供以下信息:

[0068] - 由位于热源 $HS(i)$ 的温度传感器 $S(i)$ 感测到的温度值 $T_s(i, k)$;

[0069] 及

[0070] - 相对于在属于热源 $HS(i)$ 的域的点 (x_h, y_w) 由热敏成像照相机感测到的温度值 $T_c(h, w, k)$ 的样本热敏成像扫描 $Sc(k)$ 的子矩阵, $h = 1, \dots, H, w = 1, \dots, W$, 其中 $H \leq P$ 且 $W \leq Q$ 。

[0071] 于是,对于每个热源 $HS(i)$ 和对于属于其域的每个点 (x_h, y_w) ,控制单元 CU 优选地把与点 (x_h, y_w) 相关并且在采样时刻 t_k 获取的样本热敏成像扫描 $Sc(k)$ 的温度值 $T_c(h, w, k)$ 关联到由在同一采样时刻 t_k 关联到热源 $HS(i)$ 的温度传感器 $S(i)$ 感测到的对应温度值 $T_s(i, k)$ 。图 7a 示出了指示温度值的数据点的图。作为在相同的离散采样时刻 t_k 由关联到热源 $HS(i)$ 的温度传感器 $S(i)$ 感测到的对应温度值 $T_s(i, k)$ (单位是 $^{\circ}C$) 的函数,这个图示出了在热源 $HS(i)$ 的域的点 (x_h, y_w) 在样本收集周期 SP 中离散的采样时刻 t_k 获取的样本热敏成像扫描 $Sc(k)$ 的温度值 $T_c(h, w, k)$ (单位是 $^{\circ}C$)。图 7a 的图中的每个数据点对应于一对温度值 $T_c(h, w, k)$ 和 $T_s(i, k)$ 。

[0072] 控制单元 CU 优选地处理在采样时刻 t_k 在点 (x_h, y_w) 检测到的温度值 $T_c(h, w, k)$ 和 $T_s(i, k)$,并且确定这些值是否属于一个或多个不同的热动态。在下面,表述“热动态”将指示温度变化中作为时间的函数的趋势。实际上,调查表面 SV 中每个点 (x_h, y_w) 的温度随时间增加、减小或保持恒定。

[0073] 具体地,从如图 7a 中所示的图开始,控制单元 CU 确定数据点是否可以聚集到属于不同热动态的一个或多个数据点的子集中,并且,具体地,依据温度增加、减小或维持在一个恒定值的事实。具体地,控制单元 CU 确定在样本收集周期 SP 中的点 (x_h, y_w) 是否存在由温度传感器 $S(i)$ 感测到的一个或多个温度值 $T_s(i, k)$,对于这些温度值中的每一个,由热敏成像照相机感测到的至少两个不同的温度值 $T_c(h, w, k)$ 对应于其。换句话说,控制单元 CU 确定是否在至少两个分离的采样时刻 t_{k1} 和 t_{k2} 温度传感器 $S(i)$ 感测到相同的温度值 $T_s(i, k1) = T_s(i, k2)$,同时,在相同的采样时刻 t_{k1} 和 t_{k2} ,热敏成像照相机获取两个不同的温度值 $T_c(h, w, k1) \neq T_c(h, w, k2)$ 。这种情形在图 7a 中通过例如指示为 $P(k1)$ 和 $P(k2)$ 的数据点表示。因此,在图 7a 所表示的情形下,控制单元 CU 确定存在两个不同的热动态,即,处于点 (x_h, y_w) 的温度根据其增加或保持恒定的第一热动态(在下文中指示为“加热动态”),以及处于点 (x_h, y_w) 的温度根据其减小的第二热动态(在下文中指示为“冷却动态”)。而且,对于如图 7a 中所示的每个点,控制单元 CU 优选地比较在采样时刻 t_k 由温度

传感器 S(i) 感测到的温度值 $T_s(i, k)$ 与在上一采样时刻 t_{k-1} 和下一采样时刻 t_{k+1} 由同一传感器 S(i) 感测到的温度值并且确定该数据点是属于点 (x_h, y_w) 的温度的加热动态还是冷却动态。

[0074] 例如,再次参考图 7a 的图,控制单元 CU 比较在采样时刻 t_{k1} 由温度传感器 S(i) 感测到的温度值 $T_s(i, k1)$ (图 7a 中的数据点 P(k1)) 与在采样时刻 t_{k1-1} 和 t_{k1+1} 由同一传感器感测到的温度值 $T_s(i, k1-1)$ (图 7a 中的数据点 P(k1-1)) 和 $T_s(i, k1+1)$ (图 7a 中的数据点 P(k1+1))。然后,由于 $T_s(i, k1-1) < T_s(i, k1) < T_s(i, k1+1)$, 因此控制单元 CU 确定数据点 P(k1) 属于加热动态。而且,控制单元 CU 比较在采样时刻 t_{k2} 由温度传感器 S(i) 感测到的温度值 $T_s(i, k2)$ (图 7a 中的数据点 P(k2)) 与在采样时刻 t_{k2-1} 和 t_{k2+1} 由同一传感器感测到的温度值 $T_s(i, k2-1)$ (图 7a 中的数据点 P(k2-1)) 和 $T_s(i, k2+1)$ (图 7a 中的数据点 P(k2+1))。然后,由于 $T_s(i, k2+1) < T_s(i, k2) < T_s(i, k2-1)$, 因此控制单元 CU 确定数据点 P(k2) 属于冷却动态。

[0075] 一旦已经识别出热动态(即,样本收集周期 SP 中单个热动态或者不同热动态的存在)并且数据点关联到它们各自的热动态,控制单元 CU 就优选地为属于不同动态的数据点确定不同的内插。在下面将假设,如图 7a 中所表示的,数据点可以属于加热动态或冷却动态。然后,控制单元 CU 优选地确定属于加热动态的数据点的第一插值和属于冷却动态的数据点的第二插值。以这种方式,实际上,定义了把样本热敏成像扫描 $Sc(k)$ 的温度 $T_c(h, w, k)$ 关连到由温度传感器 S(i) 感测到的温度 $T_s(i, k)$ 的数学关系。

[0076] 为此,控制单元 CU 优选地利用各自的多项式内插属于加热动态的数据点和属于冷却动态的数据点。在图 7b 中,例如,属于两个热动态的数据点利用由直线 R1 和 R2 表示的、次数为 1 的各自的多项式内插(线性内插),其中每条直线都叠加到图 7a 的图的数据点。具体地,直线 R1 内插属于加热动态的数据点,而直线 R2 内插属于冷却动态的数据点。用于内插属于两个不同动态的数据点的多项式的次数优选地相等但是也可以不同。在以下描述中,为了简化,假设两个多项式的次数都等于 1。在这种情况下,用于内插数据点的直线由以下等式表示:

$$[0077] \quad R1: T_c(h, w, k) = m_{i1}(h, w) T_s(i, k) + q_{i1}(h, w) \quad [1]$$

$$[0078] \quad R2: T_c(h, w, k) = m_{i2}(h, w) T_s(i, k) + q_{i2}(h, w) \quad [2]$$

[0079] 其中 $m_1(h, w, i)$ 是直线 R1 的斜率(内插由热源 HS(i) 造成的在点 (x_h, y_w) 处属于加热动态的数据点), $q_1(h, w, i)$ 是直线 R1 的 y 截距, $m_2(h, w, i)$ 是直线 R2 的斜率(内插由热源 HS(i) 造成的在点 (x_h, y_w) 处属于冷却动态的数据点), $q_2(h, w, i)$ 是直线 R2 的 y 截距。

[0080] 然后,控制单元 CU 优选地如下定义第一外插系数矩阵 A_{i1} 、第二外插系数矩阵 B_{i1} 、第三外插系数矩阵 A_{i2} 和第四外插系数矩阵 B_{i2} 。第一外插系数矩阵 A_{i1} 包括对包括在热源 HS(i) 的域中的所有点 (x_h, y_w) 内插属于加热动态的数据点的直线 R1 的斜率:

$$[0081] \quad A_{i1} = \begin{bmatrix} m_{i1}(0,0) & \dots & m_{i1}(0,W) \\ \dots & & \\ m_{i1}(H,0) & \dots & m_{i1}(H,W) \end{bmatrix} \quad [3]$$

[0082] 第二外插系数矩阵 B_{i1} 包括对包括在热源 HS(i) 的域中的所有点 (x_h, y_w) 内插属于加热动态的数据点的直线 R1 的 y-截距:

$$[0083] \quad B_{i1} = \begin{bmatrix} q_{i1}(0,0) & \dots & q_{i1}(0,W) \\ \dots & & \dots \\ q_{i1}(H,0) & \dots & q_{i1}(H,W) \end{bmatrix} \quad [4]$$

[0084] 第三外插系数矩阵 A_{i2} 包括对包括在热源 HS(i) 的域中的所有点 (x_h, y_w) 内插属于冷却动态的数据点的直线 R2 的斜率：

$$[0085] \quad A_{i2} = \begin{bmatrix} m_{i2}(0,0) & \dots & m_{i2}(0,W) \\ \dots & & \dots \\ m_{i2}(H,0) & \dots & m_{i2}(H,W) \end{bmatrix} \quad [5]$$

[0086] 第四外插系数矩阵 B_{i2} 包括对包括在热源 HS(i) 的域中的所有点 (x_h, y_w) 内插属于冷却动态的数据点的直线 R2 的 y-截距：

$$[0087] \quad B_{i2} = \begin{bmatrix} q_{i2}(0,0) & \dots & q_{i2}(0,W) \\ \dots & & \dots \\ q_{i2}(H,0) & \dots & q_{i2}(H,W) \end{bmatrix} \quad [6]$$

[0088] 因此，在步骤 205 结束时，控制单元 CU 为每个热源 HS(i) 存储与加热动态相关的两个外插系数矩阵和与冷却动态相关的两个外插系数矩阵。

[0089] 应当指出，利用次数为 1 的多项式内插数据点仅仅是示例性的而不是限制。实际上，在步骤 205 中，控制单元 CU 还可以使用更高次的多项式。在这种情况下，用于内插数据点的每条曲线是由多于 2 的多个系数定义的。例如，如果多项式的次数为 2，则定义每条插值曲线的系数是 3。因此，一般而言，在步骤 205 中，控制单元 CU 为每个热源 HS(i) 并且为关于这种源的每个热动态定义等于定义用于插值的曲线的系数个数，或者，换句话说，等于用于插值的多项式的次数加 1 的多个外插系数矩阵。

[0090] 用于内插数据点的多项式的次数的选择可以确定成使得结果产生的近似的误差（即，数据点和内插它们的曲线之间的平均距离）小于测量仪器的，即，热敏成像照相机的，误差。这种误差可以等于 $\pm 2^\circ\text{C}$ ，如以上所提到的。

[0091] 根据本发明的第二种实施例，为了确定以上所述的外插系数，假设热源 HS(i) 不是彼此独立的。在这种情况下，在调查表面 SV 中的每个点 (x_p, y_q) ，温度受所有热源 HS(i) 的影响。

[0092] 如以上已经描述过的，在步骤 204 中，控制单元 CU 在每个采样时刻 t_k 存储以下信息：

[0093] - 由 N 个传感器 S(i) 感测到的一组 N 个温度值 $T_s(i, k)$ ， $i = 1, \dots, N$ ，其中这些温度值中每一个指示由关联到传感器 S(i) 的热源 HS(i) 达到的温度。例如，作为样本收集周期 SP 中时间的函数，图 8 示出了由温度传感器 S(i) 感测到的示例性温度值（单位为 $^\circ\text{C}$ ）（该图在横坐标记录离散采样时刻 t_k 的下标 k）；及

[0094] - 由位于调查表面 SV 的点 (x_p, y_q) 的热敏成像传感器获取的、包括 $P \times Q$ 个温度值 $T_c(p, q, k)$ 的两维矩阵的对应样本热敏成像扫描 $S_c(k)$ ， $p = 1, \dots, P$ ， $q = 1, \dots, Q$ 。

[0095] 然后，在步骤 205 中，从以上所述的信息开始，控制单元 CU 优选地计算用于从由温度传感器 S(i) 感测到温度值 $T_s(i, k)$ 得出热敏成像扫描的外插系数，如下文中更具体描述

的。

[0096] 具体地,控制单元 CU 定义采样时间间隔 TS 中的 K/N 个子间隔 T_n , $n = 1, \dots, K/N$ (其中 K 是样本收集周期 SP 中采样时刻 t_k 的个数,并且 N 是热源 HS(i) 的个数)。每个子间隔 T_n 包括 N 个采样时刻 t_k 。图 8 示出了在 15 个采样时刻 t_k 由温度传感器 S(i) 感测到温度值 $T_s(i, k)$, 并且样本收集周期 SP 的三个子间隔指示为 T_1 、 T_2 和 T_3 , 每个子间隔包括 $N = 5$ 个采样时刻 t_k 。

[0097] 另外,对于表面 SV 中的每个坐标点 (x_p, y_q) , 控制单元 N 定义 K/N 个线性方程系统, 每个系统包括涉及 N 个变量的 N 个等式, 如下:

[0098]

$$\begin{cases} Tc(k1(n)) = c1(n) \cdot Ts(1, k1(n)) + c2(n) \cdot Ts(2, k1(n)) + \dots + cN(n) \cdot Ts(N, k1(n)) \\ Tc(k2(n)) = c1(n) \cdot Ts(1, k2(n)) + c2(n) \cdot Ts(2, k2(n)) + \dots + cN(n) \cdot Ts(N, k2(n)) \\ \dots \\ Tc(kN(n)) = c1(n) \cdot Ts(1, kN(n)) + c2(n) \cdot Ts(2, kN(n)) + \dots + cN(n) \cdot Ts(N, kN(n)) \end{cases} \quad [7]$$

[0099] 其中:下标 p 和 q 已经为了简明而被略去, $Tc(k1(n)), \dots, Tc(kN(n))$ 是处于包括在在样本收集周期 SP 的子间隔 T_n 中的 N 个采样时刻 $t_{k1(n)}, \dots, t_{kN(n)}$ 获取的样本热敏成像扫描 $Sc(k1(n)), \dots, Sc(kN(n))$ 中的点 (x_p, y_q) 的温度值(见图 6), $Ts(1, k1(n)), \dots, Ts(1, kN(n))$ 是在采样时刻 $t_{k1(n)}, \dots, t_{kN(n)}$ 由温度传感器 S(1) 感测到的温度值, $Ts(2, k1(n)), \dots, Ts(2, kN(n))$ 是在采样时刻 $t_{k1(n)}, \dots, t_{kN(n)}$ 由温度传感器 S(2) 感测到的温度值, $Ts(N, k1(n)), \dots, Ts(N, kN(n))$ 是在采样时刻 $t_{k1(n)}, \dots, t_{kN(n)}$ 由温度传感器 S(N) 感测到的温度值, 并且 $c1(n), \dots, cN(n)$ 是关于子间隔 T_n 的 N 个外插系数。系数 $c1(n), \dots, cN(n)$ 是线性方程的系统的变量。

[0100] 在每个线性方程系统中, 定义把样本热敏成像扫描 $Sc(k)$ 的温度 $Tc(k1(n)), \dots, Tc(kN(n))$ 和由温度传感器 S(i) 感测到温度关联的 N 个数学关系。

[0101] 在步骤 205 中, 控制单元 CU 优选地求解如上定义的线性方程系统并且为调查表面 SV 的每个点 (x_p, y_q) 并且为样本收集周期 SP 的每个子间隔 T_n 计算外插系数数组 $\{c1(n), \dots, cN(n)\}$ 。

[0102] 然后, 通过如上所述计算为子间隔 T_n 计算的外插系数数组的平均值, 控制单元 CU 为表面 SV 的每个点 (x_p, y_q) 优选地计算平均外插系数数组 $\{c1^*, \dots, cN^*\}$ 。

[0103] 具体地, 平均外插系数数组 $\{c1^*, \dots, cN^*\}$ 如下计算:

$$[0104] \quad c1^* = \frac{\sum_{n=1}^{K/N} c1(n)}{K/N}, \quad c2^* = \frac{\sum_{n=1}^{K/N} c2(n)}{K/N}, \quad \dots, \quad cN^* = \frac{\sum_{n=1}^{K/N} cN(n)}{K/N} \quad [8]$$

[0105] 其中 K/N 是子间隔 T_n 的个数。

[0106] 因此, 在步骤 205 结束时, 控制单元 CU 优选地为表面 SV 的每个点 (x_p, y_q) 存储平均外插系数数组 $\{c1^*, \dots, cN^*\}$ 。

[0107] 鉴于以上所述, 根据本发明的第一种实施例和第二种实施例, 在步骤 205 中, 控制单元 CU 都计算一组外插系数: 根据第一种实施例, 外插系数是包括在以上等式 [3]、[4]、[5] 和 [6] 的第一、第二、第三和第四外插系数矩阵 A_{11} 、 B_{11} 、 A_{12} 、 B_{12} 中的元素; 根据第二种实施例, 外插系数是平均外插系数数组 $\{c1^*, \dots, cN^*\}$ 的元素。然后, 外插系数在温度监视系

统 TMS 的操作中用于从由温度传感器 S(i) 在表面 SV 中感测的温度开始外插调查表面 SV 的“虚拟”热敏成像扫描,如在下文中更具体描述的。这种扫描是“虚拟的”,因为它的获得没有利用更多的温度传感器,诸如在初始化操作中所使用的热敏成像照相机。这有利地允许在降低成本的同时获得准确的热敏成像扫描。

[0108] 以上参考本发明第一种实施例和第二种实施例描述的外插模型仅仅是示例性的。实际上,为了定义把初始化操作中样本热敏成像扫描的温度和由温度传感器感测到的温度关连的一组数学关系,有可能使用更多的外插模型,从而允许从固定传感器的温度外插热敏成像扫描。更多外插模型的例子是基于神经网络的使用的模型和基于空间-频率变换的使用的模型。

[0109] 图 5 示出了说明图 1 的温度监视系统 TMS 的操作步骤的流程图。在步骤 301 中,控制单元 CU 在时刻 t_{k^*} 优选地接收由关联到调查表面 SV 中 N 个热源 HS(i) 的 N 个温度传感器 S(i), $i = 1, \dots, N$, 感测到的 N 个温度值 $T_s(i, k^*)$, $i = 1, \dots, N$ 。然后,在步骤 302 中,控制单元 CU 优选地通过使用在上述初始化的步骤 205 中计算出的外插系数处理接收到的温度值 $T_s(i, k^*)$ 。

[0110] 作为处理的结果,控制单元 CU 外插调查表面的虚拟热敏成像扫描 Sc^* 。

[0111] 具体地,根据本发明的第一种实施例(即,通过假设热源 HS(i) 是独立的),控制单元 CU 优选地通过使用以上等式 [3]、[4]、[5] 和 [6] 的外插系数矩阵 A_{i1} 、 B_{i1} 、 A_{i2} 、 B_{i2} 处理接收到的温度值 $T_s(i, k^*)$ 。然后,控制单元 CU 优选地外插 N 个虚拟扫描 $Sc^*(i)$, 它们当中每一个都关于各自热源 HS(i) 的域。

[0112] 例如,在下面假设在时刻 t_{k^*} , 关联到第 i 个热源 HS(i) 的第 i 个温度传感器 S(i) 感测温度值 $T_s(i, k^*)$ 并且热动态是加热动态。而且,假设在步骤 205 中控制单元 CU 执行数据点的线性插值(即,插值多项式是次数为 1 的多项式)。在这种情况下,关于第 i 个热源的虚拟热敏成像扫描 $Sc^*(i)$ 是属于第 i 个热源 HS(i) 的域的点 (x_h, y_w) 的温度图, $h = 1, \dots, H$, $w = 1, \dots, W$ 。虚拟热敏成像扫描 $Sc^*(i)$ 是根据以下等式计算的:

$$[0113] \quad Sc^*(i) = A_{i1} \cdot T_s(i, k^*) + B_{i1} \quad [9]$$

[0114] 其中 A_{i1} 是以上等式 [3] 的第一外插系数矩阵(即,包括在存在加热动态的情况下内插位于点 (x_h, y_w) 的温度的直线斜率的矩阵), $T_s(i, k^*)$ 是在时间 t_{k^*} 由温度传感器 S(i) 感测到的温度值并且 B_{i1} 是以上等式 [4] 的第二外插系数矩阵(即,包括在存在加热动态的情况下内插位于点 (x_h, y_w) 的温度的直线的 y 截距的矩阵)。

[0115] 根据本发明的第二种实施例(即,通过假设热源 HS(i) 不独立),控制单元 CU 优选地通过使用以上参考等式 [8] 定义的平均外插系数数组 $\{c1^*, \dots, cN^*\}$ 的外插系数来处理接收到的温度值 $T_s(i, k^*)$ 。然后,控制单元 CU 优选地外插调查表面 SV 的虚拟扫描 $Sc^*(i)$ 。

[0116] 例如,在以下将假设表面 SV 包括三个热源 HS(1)、HS(2) 和 HS(3), 每个热源与各自的温度传感器 S(1)、S(2) 和 S(3) 关联。在步骤 205 中,控制单元 CU 为表面 SV 的每个点 (x_p, y_q) 计算平均外插系数数组 $\{c1^*(p, q), c2^*(p, q), c3^*(p, q)\}$ 。例如,假设在时间 t_{k^*} 关联到热源 HS(1) 的温度传感器 S(1) 感测到温度值 $T_s(1, k^*)$; 关联到热源 HS(2) 的温度传感器 S(2) 感测到温度值 $T_s(2, k^*)$; 并且,关联到热源 HS(3) 的温度传感器 S(3) 感测到温度值 $T_s(3, k^*)$ 。在这种情况下,虚拟热敏成像扫描 Sc^* 是属于调查表面 SV 的点 (x_p, y_q) 的温度图。指示在点 (x_p, y_q) 的温度的虚拟热敏成像扫描 Sc^* 的元素是根据以下等式计算的:

[0117] $Sc^*(p, q) = c1^*(p, q) \cdot Ts(1, k^*) + c2^*(p, q) \cdot Ts(2, k^*) + c3^*(p, q) \cdot Ts(3, k^*)$ 其中 $p = 1, \dots, P$ 并且 $q = 1, \dots, Q$.

[0118] 虚拟热敏成像扫描 Sc^* (或者根据第一种实施例是扫描 $Sc^*(i)$) 的准确度依赖于样本收集周期 SP 的持续时间选择。如以上所提到的, 样本收集周期 SP 的持续时间选择成使得包括温度变化范围在其间最大的间隔。例如, 如果在步骤 301 中由温度传感器 $S(i)$ 感测到的温度当中的一个或多个在为确定样本收集周期 SP 的持续时间而考虑的温度变化范围之外 (即, 例如, 由固定传感器 $S(i)$ 感测到的温度高于样本收集周期 SP 中同一传感器 $S(i)$ 感测到的最大值), 则在步骤 302 中外插的虚拟热敏成像扫描 Sc^* 会受误差影响。在系统 TMS 操作期间固定传感器 $S(i)$ 感测到的温度与样本收集周期 SP 中感测到的值越不同, 虚拟热敏成像扫描 Sc^* 中存在的误差越大。

[0119] 一旦计算出虚拟热敏成像扫描 Sc^* (或者根据第一种实施例是扫描 $Sc^*(i)$), 它就可以被处理, 以便获得图像, 灰度级图像或假彩色图像, 该图像可以通过连接到控制单元 CU 的显示器呈现给操作人员。

[0120] 在步骤 302 中, 控制单元 CU 也可以外插与不同的接连时刻相关的一组虚拟热敏成像扫描 Sc^* (或者根据第一种实施例是扫描 $Sc^*(i)$)。

[0121] 然后, 在步骤 303 中, 控制单元 CU 优选地分析热敏成像扫描 Sc^* 或者从其得出的图像 (在这种情况下是通过使用例如图像处理软件等), 以便识别扫描中温度的可能异常。异常可以是在预定义温度范围之外的一个温度值或一组温度值, 所述温度范围保证房间内存在的装置的安全和正确运行。例如, 在步骤 303 执行的的分析可以显示表面 SV 内的热源 HS(i), 例如服务器, 过热, 这会造成误动。而且, 通过分析与接连的时刻关联的虚拟热敏成像扫描, 控制单元 CU 可以检查温度的异常趋势是否可以被识别。

[0122] 如果在步骤 304 中控制单元 CU 识别出虚拟热敏成像扫描 Sc^* 中的至少一个异常, 或者如果控制单元 CU 识别出接连的虚拟热敏成像扫描中温度的异常趋势, 则控制单元 CU 优选地生成报警信号, 该报警信号可以以自动的方式触发连接到控制单元 CU 的温度控制系统 (图中未示出) 的操作 (步骤 305)。

[0123] 作为替代, 控制单元 CU 可以播放通过连接到控制单元 CU 的扩音器 (图中未示出) 可操作的声音, 或者控制单元 CU 可以生成要在连接到控制单元 CU 的显示器上显示的视频消息, 以便允许操作人员手动干预来操作温度控制系统。

[0124] 温度控制系统可以包括用于冷却空气并且用于确定冷却空气的朝向的装置, 诸如像空调装置。例如, 如果在步骤 303 执行的虚拟热敏成像扫描 Sc^* 的分析显示服务器过热, 则温度控制系统可以被操作成冷却空气并且把冷却的空气指向过热的服务器, 从而降低其温度。而且, 温度控制系统可以包括能够执行软件的处理器, 以便通过采用云计算基础设施操作能够把一些过程和应用从过热的服务器朝其它装置移植的软件应用。作为替代, 这种软件可以包括在控制单元中。作为备选方案, 可以决定把过热的服务器移动到该房间内相同机架或另一机架内的不同位置。

[0125] 有利地, 根据本发明用于监视温度的方法允许从由少量温度传感器感测到的温度测量外插所监视的房间的热敏成像扫描, 而不使用其它更昂贵的仪器, 诸如热敏成像照相机。这导致用于实现温度监视系统的成本的降低。实际上, 在以上所述的初始化过程中, 控制单元确定把样本热敏成像扫描的温度关连到由温度传感器扫描的温度的一组数学关系

(即,外插模型)。样本热敏成像扫描是通过只在初始化过程中使用的热敏成像照相机获取的。一旦计算出外插模型,就没有必要获取更多的热敏成像扫描,因为有可能从温度传感器感测到的温度计算虚拟热敏成像扫描。因此,有利地,被监视的房间的温度可以以简单、低成本和准确的方式被检查。实际上,虚拟热敏成像扫描包括“实际”热敏成像扫描的所有信息,然后允许以高准确度监视房间内表面的温度。实际上,它甚至在其空间和时间快速可变的时候也允许监视温度。

[0126] 最后,外插虚拟热敏成像扫描的操作是很快的。在房间内表面上的温度分布中存在会造成一个或多个装置误动的异常的情况下,有可能快速计算那个表面的热敏成像扫描,从而快速识别异常的造成原因并且采取适当的对策。实际上,根据以上所述的实施例,热敏成像扫描是通过简单地计算数组和矩阵的和与乘积获得的,在由计算机执行时,这种操作极其快。在使系统操作并且外插系数存储在控制单元中之前,外插模型的构造有利地执行一次,其中外插模型的构造是更复杂的操作。因此,有利地,在系统操作过程中,外插系数不必再次计算,而是它们将简单地从控制单元的存储器恢复。

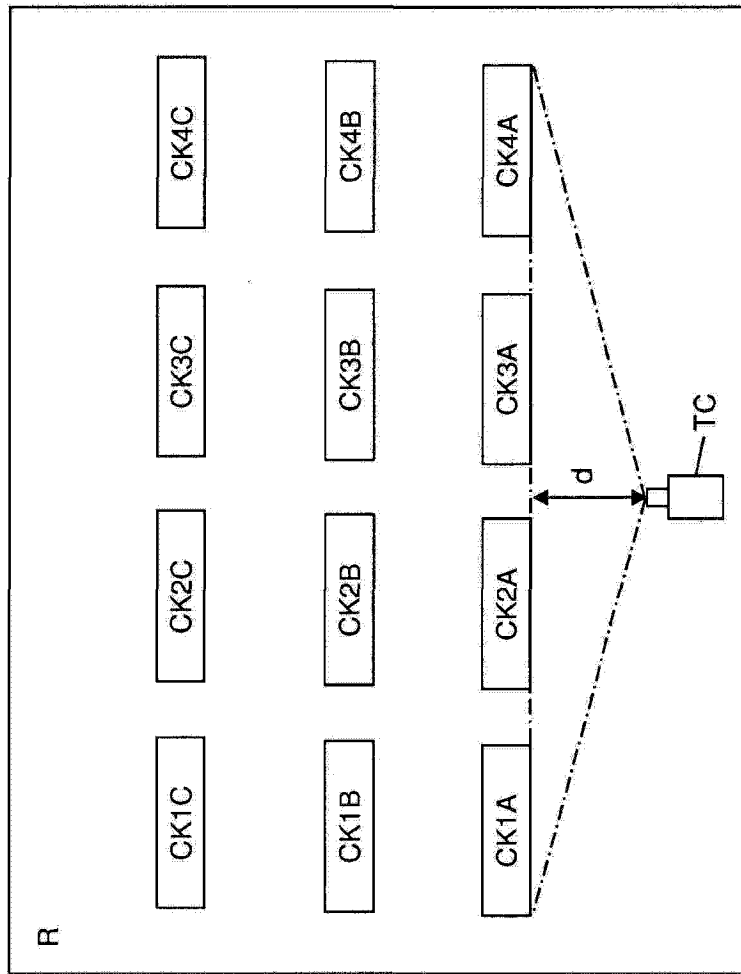


图 1

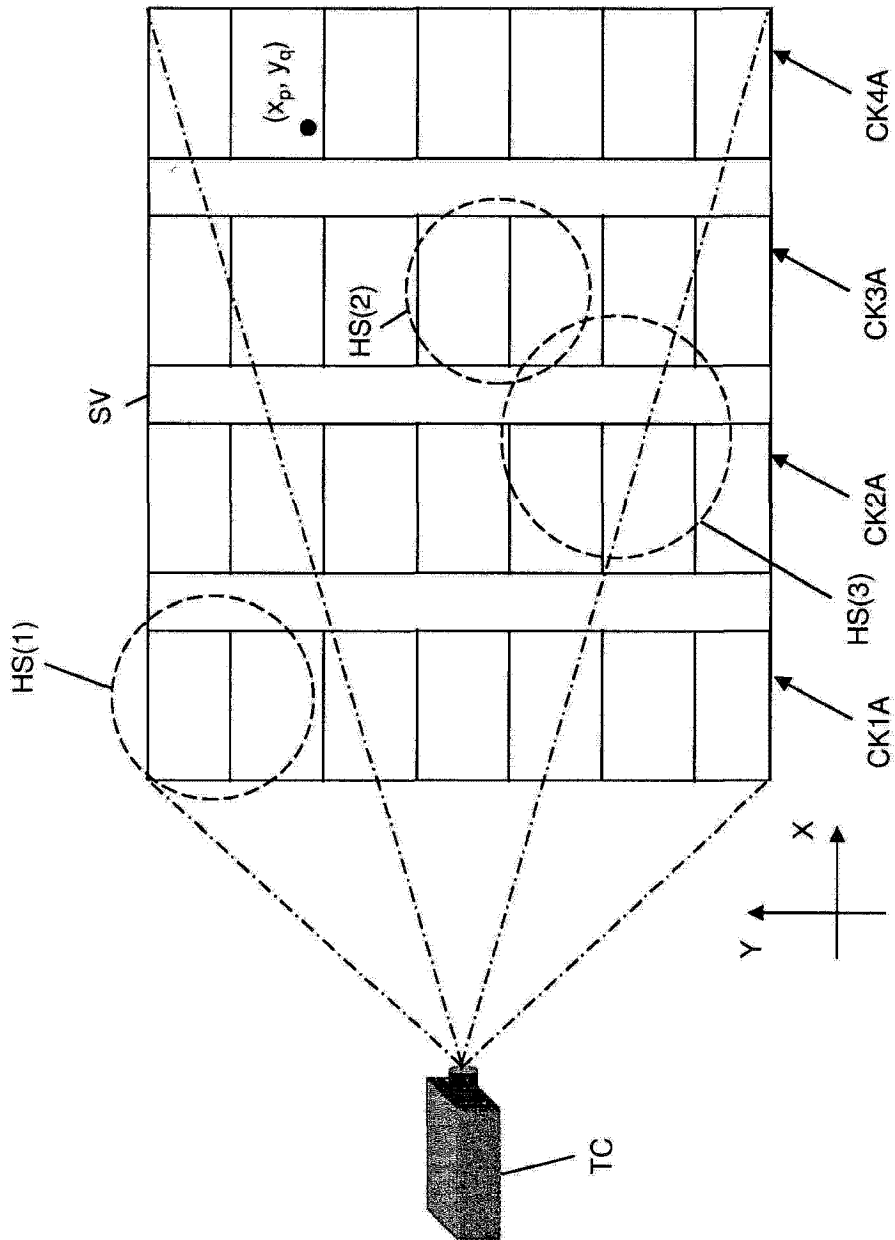


图 2

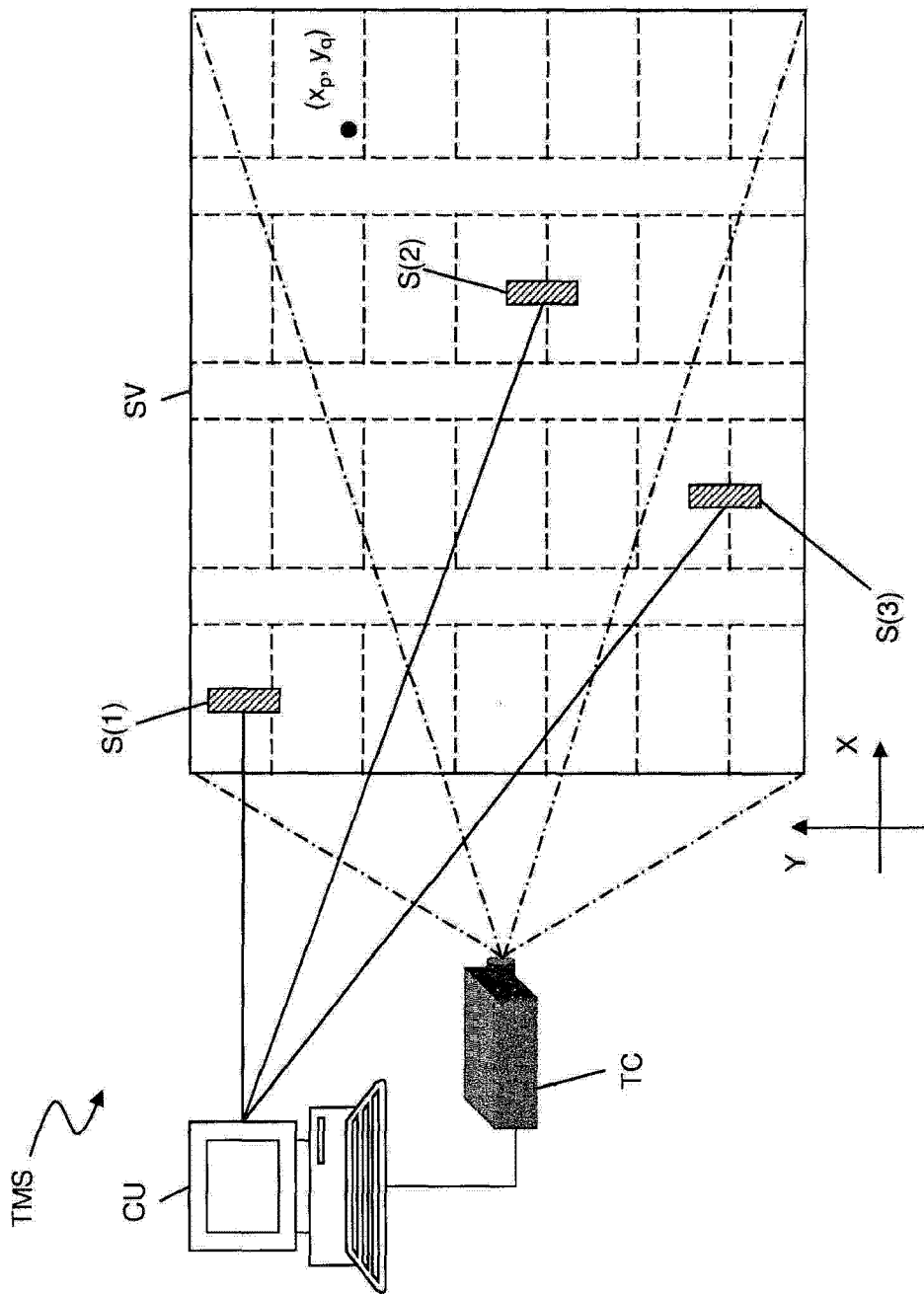


图 3

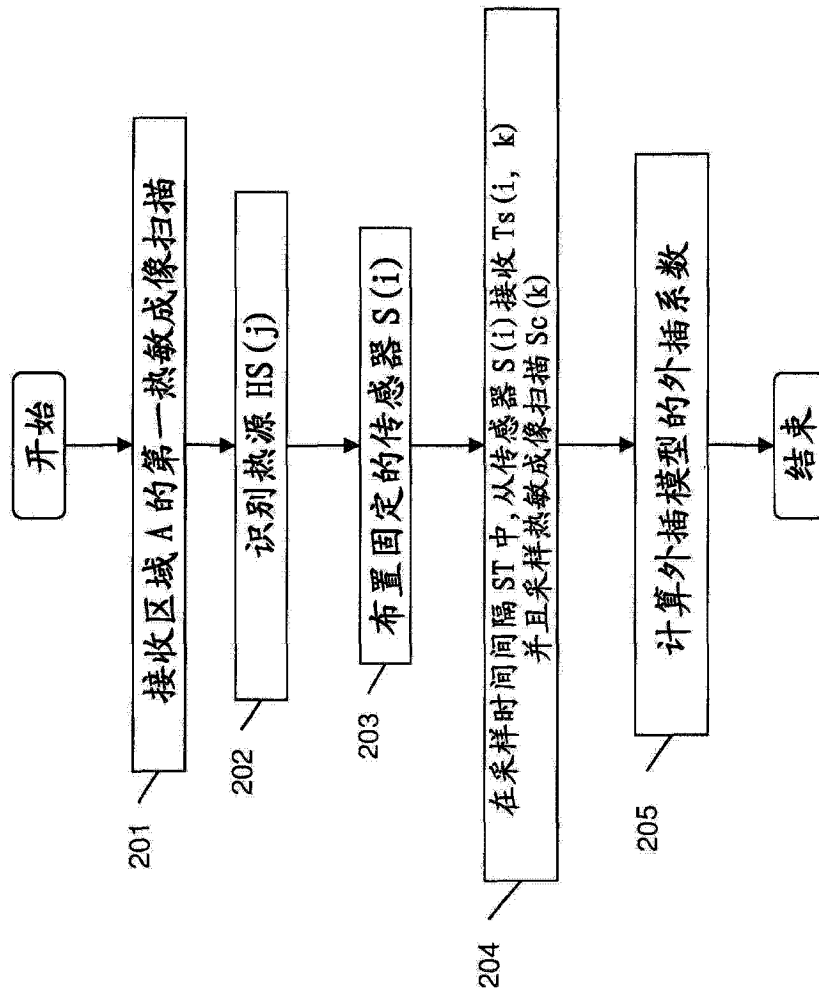


图 4

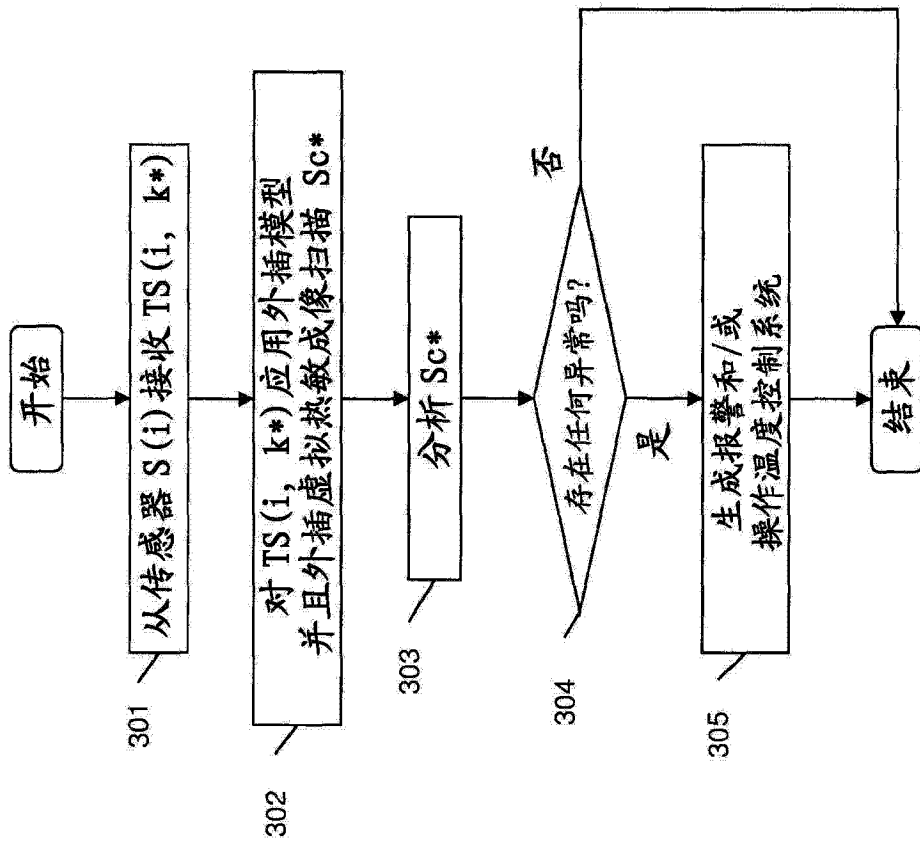


图 5

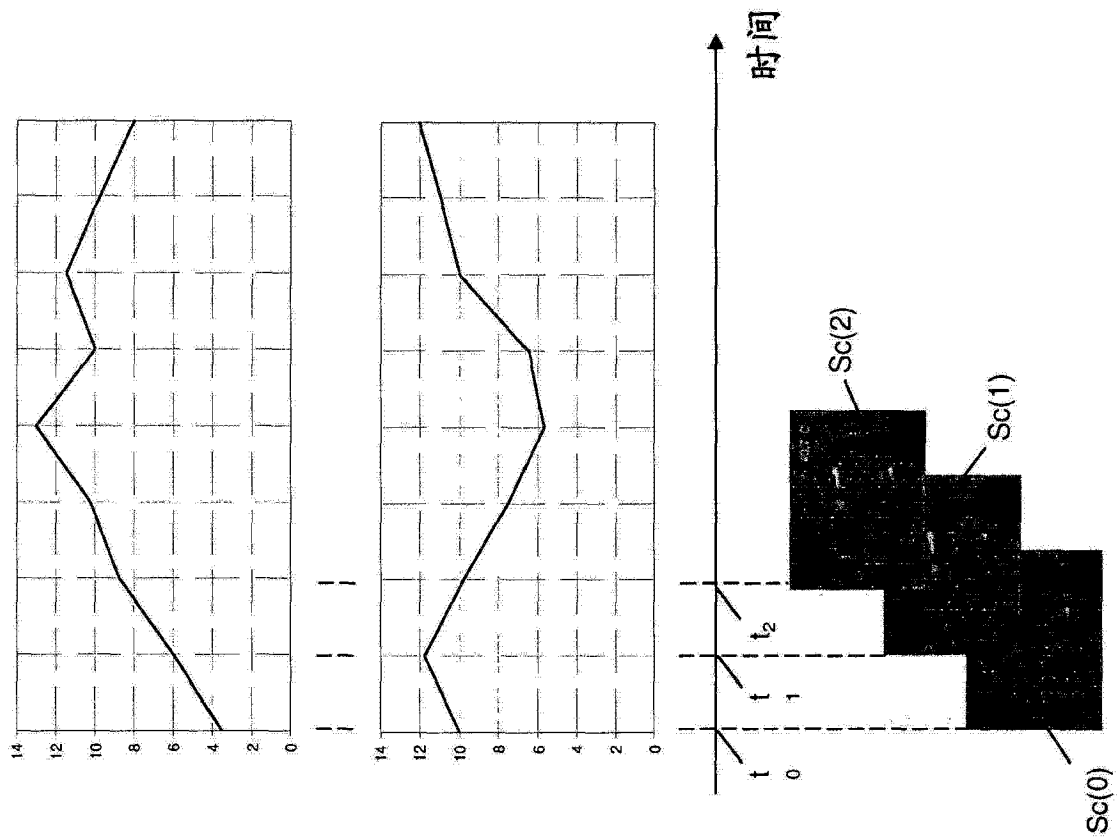


图 6

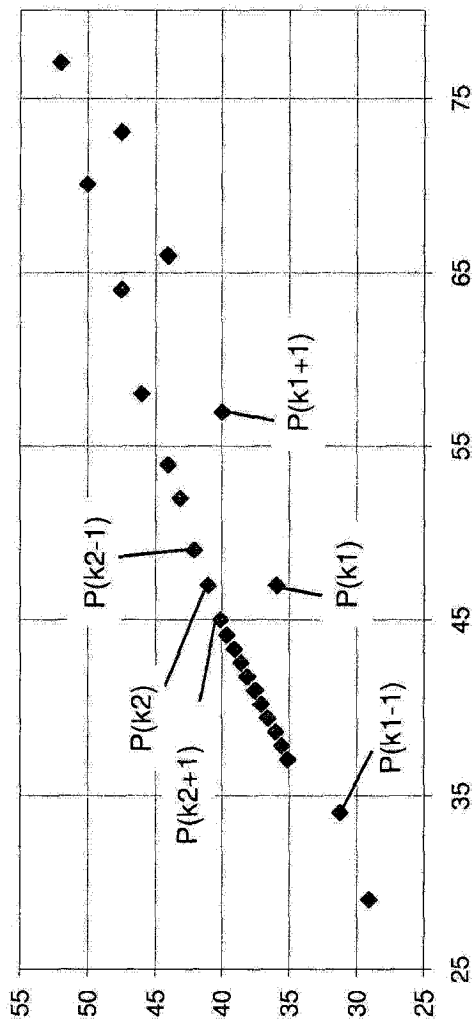


图 7a

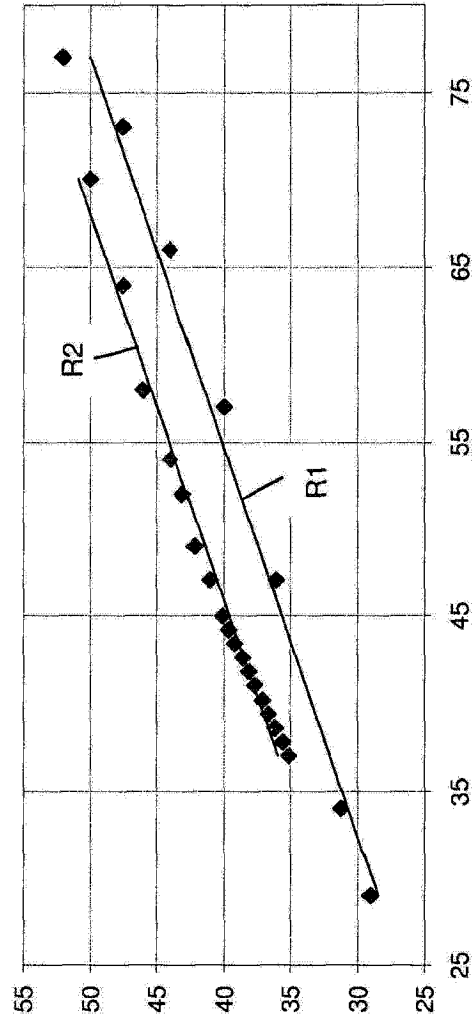


图 7b

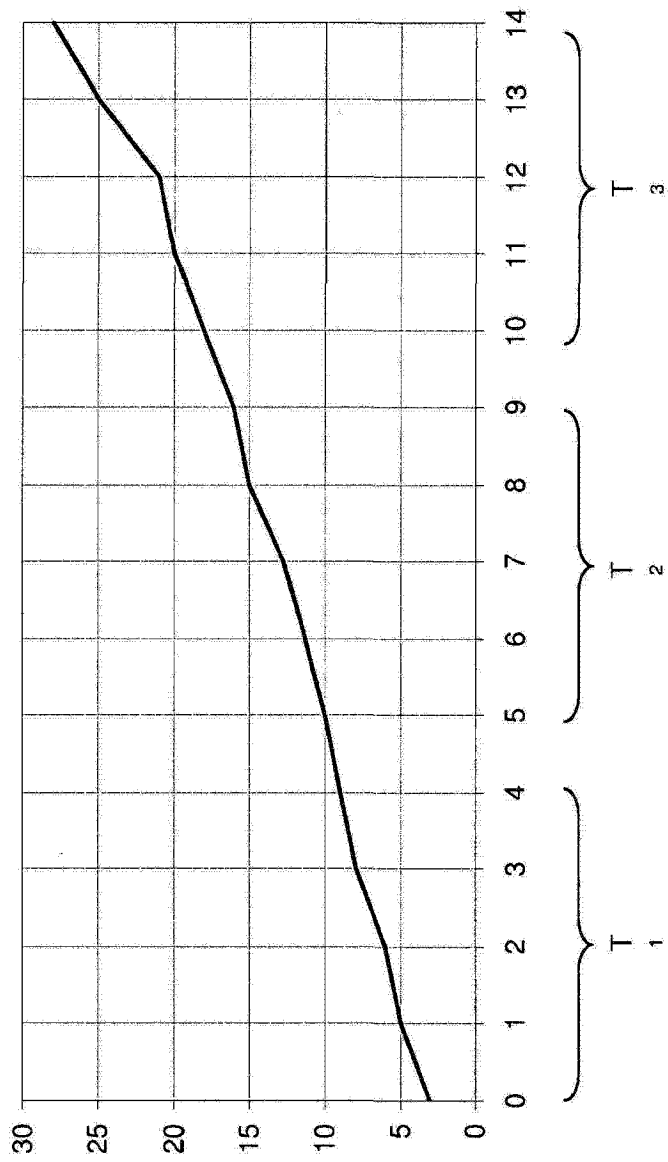


图 8