



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102760115 A

(43) 申请公布日 2012. 10. 31

(21) 申请号 201210189414. 4

(22) 申请日 2012. 06. 08

(71) 申请人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路 800 号

(72) 发明人 李鑫 刘涛 刘文江 戎蒙恬
周亮

(74) 专利代理机构 上海思微知识产权代理事务
所 (普通合伙) 31237

代理人 郑玮

(51) Int. Cl.

G06F 15/78 (2006. 01)

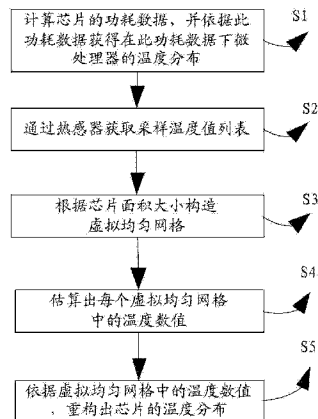
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 5 页

(54) 发明名称

一种基于动态 Voronoi 图的非均匀采样热重构方法及装置

(57) 摘要

本发明提供了一种基于动态 Voronoi 图的非均匀采样热重构方法及装置,通过计算芯片的功耗数据,并依据此功耗数据获得在此功耗数据下微处理器的温度分布,接着通过热传感器获取采样温度值列表,然后根据芯片面积大小构造虚拟均匀网格并估算出每个虚拟均匀网格中的温度数值,最终依据虚拟均匀网格中的温度数值,重构出芯片的温度分布,本方案能有效的运用在动态热管理技术中实现实时全局和局部温度监控。



1. 一种基于动态 Voronoi 图的非均匀采样热重构方法,其特征在于,所述方法包括:
步骤一、计算芯片的功耗数据,并依据此功耗数据获得在此功耗数据下微处理器的温度分布;
步骤二、通过热传感器获取采样温度值列表;
步骤三、根据芯片面积大小构造虚拟均匀网格;
步骤四、估算出每个虚拟均匀网格中的温度数值;
步骤五、依据虚拟均匀网格中的温度数值,重构出芯片的温度分布。
2. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述步骤一中,功耗数据包括但不限于模块的动态功耗和漏功耗。
3. 根据权利要求 2 所述的方法,其特征在于,所述功耗数据是通过微处理器性能仿真软件在该芯片架构上仿真标准测试程序,并在此基础上集成功耗分析模块来计算芯片的动态功耗和漏功耗。
4. 根据权利要求 1 或 3 所述的方法,其特征在于,所述步骤二中,是依据标准测试程序特性,在芯片架构中可能出现热点的部分放置热传感器,得到采样温度值列表。
5. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述步骤二中,采样温度值列表是指根据放置的热传感器数量,将仿真得到的多核处理器温度分布中的对应热点部分温度数值作为热传感器读数,所有热传感器读数组成采样温度值向量。
6. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述步骤一中,微处理器的温度分布是指通过仿真软件得到的多核处理器工作状态时的二维温度矩阵,该矩阵的行列数根据仿真精度的要求确定。
7. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述步骤三中,虚拟均匀网格是指由于在计算机处理过程中任何连续的变量必须离散化,因此首先将整个芯片区域中连续的温度信号离散化为 $L \times W$ 的网格表述,在此基础上定义一个二维的虚拟均匀网格 $M \times N$,其中 $0 \leq M \leq L, 0 \leq N \leq W$ 。
8. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述步骤四中,是根据基于动态 Voronoi 图的距离倒数加权算法估算出每个虚拟均匀网格中的温度数值。
9. 根据权利要求 8 所述的方法,其特征在于,所述距离倒数加权算法是指给出虚拟均匀网格中任意一点 P 的位置,将其和所有预先设置的非均匀传感器位置结合构造出 Voronoi 图 D;虚拟均匀网格中 P 点的温度数值由 Voronoi 图 D 中 P 点的 1 级邻域采样点集和 2 级邻域采样点集通过距离倒数加权算法计算得到。
10. 根据权利要求 1 或 9 所述的方法,其特征在于,进一步包括 1 级邻域采样点集是指在 Voronoi 图 D 中,所有与 P 点相邻的采样点定义为 P 点的 1 级邻域采样点集。
11. 根据权利要求 1 或 9 所述的方法,其特征在于,进一步包括 2 级邻域采样点集是指在 Voronoi 图 D 中,所有与 P 点的 1 级邻域采样点集相邻的采样点定义为 P 点的 2 级邻域采样点集。
12. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述步骤五中,在估计出所有虚拟均匀网格的温度数值后,是运用均匀采样插值算法重构出整个芯片的温度分布。
13. 一种基于动态 Voronoi 图的非均匀采样热重构装置,其特征在于,所述装置包括计算单元、获取单元、构造单元、温度估算单元及温度分布单元,通过计算芯片的功耗数据,并

依据此功耗数据获得在此功耗数据下微处理器的温度分布,接着通过热传感器获取采样温度值列表,然后根据芯片面积大小构造虚拟均匀网格并估算出每个虚拟均匀网格中的温度数值,最终依据虚拟均匀网格中的温度数值,重构出芯片的温度分布。

14. 根据权利要求 13 所述的装置,其特征在于,所述计算单元用于计算芯片的功耗数据,并依据此功耗数据获得在此功耗数据下微处理器的温度分布。

15. 根据权利要求 13 所述的装置,其特征在于,所述获取单元用于通过热传感器获取采样温度值列表。

16. 根据权利要求 13 所述的装置,其特征在于,所述构造单元用于根据芯片面积大小构造虚拟均匀网格。

17. 根据权利要求 13 所述的装置,其特征在于,所述温度估算单元用于估算出每个虚拟均匀网格中的温度数值。

18. 根据权利要求 13 所述的装置,其特征在于,所述温度分布单元用于依据虚拟均匀网格中的温度数值,重构出芯片的温度分布。

一种基于动态 Voronoi 图的非均匀采样热重构方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及信息控制技术领域,特别涉及一种基于动态 Voronoi 图的非均匀采样热重构方法及装置。

背景技术

[0002] 在现代高性能集成电路中,由于特征尺寸的缩小和性能需求的增加,其功率密度呈指数级增长,导致了芯片温度的不断提高。从 90 纳米开始,半导体制造工艺已经发展到纳米阶段,现在的先进工艺更是达到了 45 纳米、22 纳米。在这个阶段,硅基芯片的漏电流已经达到和动态开关电流同样的数量级。一旦芯片出现局部温度升高的热点,该处的漏电流也会迅速增加,并进一步导致温度升高。过高的芯片温度降低了晶体管的转换速率、增加了漏功耗以及增大了互联电阻,降低芯片的工作稳定性,增加出错率。近年来,高性能处理器普遍集成温度传感器,采用动态热管理技术对芯片实施连续的热监控,例如 IBM POWER5 处理器采用了 24 个数字热传感器。如果芯片局部温度超过了一定的门限值,则会触发动态热管理机制,通过采取时钟门控、取指令降频和动态电压频率调整等措施,使得过高的芯片温度降低到安全的范围。动态热管理一般通过有效的热分布重构来进行全局监控。在实际生产中考虑到制造成本、设计复杂度等原因,芯片中的热传感器数量受到了限制。对于没有放置热传感器的区域一旦出现热点,全局监控就可以起到关键性的作用,可以避免由于缺少该区域温度信息,导致功能单元损坏的可能性。热分布重构的精度在很大程度上会影响动态热管理的效率。不精确的热点温度估计,会导致错误的预警和不必要的响应,使得动态热管理的可靠性受到影响,对系统性能带来不必要的损失。热分布重构一般使用插值技术来实现,但由于插值算法计算量大,运算时间长等因素,并不适用于实时监控。因此,如何快速、精确的实现热分布重构成为了微处理器动态热管理设计的重点。

[0003] 通过对现有技术文献检索发现,Ryan Cochran and Sherief Reda 在 2009 年 Proceedings of the 46th Annual Design Automation Conference(第 46 届设计自动化会议)中发表文章《Spectral Techniques for High-Resolution Thermal Characterization with Limited Sensor Data》(有限传感器数据下利用频谱技术实现高精度的热特性重构),该文章提出利用频谱技术实现多核微处理器热分布重构,其基本的出发点是将空间可变的芯片温度信号看成时间可变的温度信号,对于均匀间隔放置的热传感器,运用 Nyquist-Shannon 采样理论和二维离散信号处理技术实现热分布重构;对于非均匀间隔放置的热传感器,需要构造 Voronoi 图,将其转化为均匀间隔采样,再利用均匀采样的方法实现热分布重构。但是由于芯片温度信号不是带宽有限的,该方法存在一定的边缘效应,尤其在热点误差估计方面存在一定的不足。

[0004] 针对现有技术中热点误差估计方面存在的问题,如何快速、精确的实现热分布重构成为了微处理器动态热管理设计的重点,提出一种基于动态 Voronoi 图的非均匀采样热重构方法及装置是信息控制技术领域目前急待解决的问题之一。

发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明实施例提出了一种基于动态 Voronoi 图的非均匀采样热重构方法及装置,通过计算芯片的功耗数据,并依据此功耗数据获得在此功耗数据下微处理器的温度分布,接着通过热传感器获取采样温度值列表,然后根据芯片面积大小构造虚拟均匀网格并估算出每个虚拟均匀网格中的温度数值,最终依据虚拟均匀网格中的温度数值,重构出芯片的温度分布,本方案能有效的运用在动态热管理技术中实现实时的全局和局部温度监控。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明实施例的目的在于通过以下技术方案实现的:

[0007] 一种基于动态 Voronoi 图的非均匀采样热重构方法,包括:

[0008] 步骤一、计算芯片的功耗数据,并依据此功耗数据获得在此功耗数据下微处理器的温度分布;

[0009] 步骤二、通过热传感器获取采样温度值列表;

[0010] 步骤三、根据芯片面积大小构造虚拟均匀网格;

[0011] 步骤四、估算出每个虚拟均匀网格中的温度数值;

[0012] 步骤五、依据虚拟均匀网格中的温度数值,重构出芯片的温度分布。

[0013] 优选的,上述步骤一中,功耗数据包括但不限于模块的动态功耗和漏功耗。

[0014] 优选的,上述功耗数据是通过微处理器性能仿真软件在该芯片架构上仿真标准测试程序,并在此基础上集成功耗分析模块来计算芯片的动态功耗和漏功耗。

[0015] 优选的,上述步骤二中,是依据标准测试程序特性,在芯片架构中可能出现热点的部分放置热传感器,得到采样温度值列表。

[0016] 优选的,上述步骤二中,采样温度值列表是指根据放置的热传感器数量,将仿真得到的多核处理器温度分布中的对应热点部分温度数值作为热传感器读数,所有热传感器读数组成采样温度值向量。

[0017] 优选的,上述步骤一中,微处理器的温度分布是指通过仿真软件得到的多核处理器工作状态时的二维温度矩阵,该矩阵的行列数根据仿真精度的要求确定。

[0018] 优选的,上述步骤三中,虚拟均匀网格是指由于在计算机处理过程中任何连续的变量必须离散化,因此首先将整个芯片区域中连续的温度信号离散化为 $L \times W$ 的网格表述,在此基础上定义一个二维的虚拟均匀网格 $M \times N$,其中 $0 \leq M \leq L, 0 \leq N \leq W$ 。

[0019] 优选的,上述步骤四中,是根据基于动态 Voronoi 图的距离倒数加权算法估算出每个虚拟均匀网格中的温度数值。

[0020] 优选的,上述距离倒数加权算法是指给出虚拟均匀网格中任意一点 P 的位置,将其和所有预先设置的非均匀传感器位置结合构造出 Voronoi 图 D;虚拟均匀网格中 P 点的温度数值由 Voronoi 图 D 中 P 点的 1 级邻域采样点集和 2 级邻域采样点集通过距离倒数加权算法计算得到。

[0021] 优选的,进一步包括 1 级邻域采样点集是指在 Voronoi 图 D 中,所有与 P 点相邻的采样点定义为 P 点的 1 级邻域采样点集。

[0022] 优选的,进一步包括 2 级邻域采样点集是指在 Voronoi 图 D 中,所有与 P 点的 1 级邻域采样点集相邻的采样点定义为 P 点的 2 级邻域采样点集。

[0023] 优选的,上述步骤五中,在估计出所有虚拟均匀网格的温度数值后,是运用均匀采

样插值算法重构出整个芯片的温度分布。

[0024] 一种基于动态 Voronoi 图的非均匀采样热重构装置,包括计算单元、获取单元、构造单元、温度估算单元及温度分布单元,通过计算芯片的功耗数据,并依据此功耗数据获得在此功耗数据下微处理器的温度分布,接着通过热传感器获取采样温度值列表,然后根据芯片面积大小构造虚拟均匀网格并估算出每个虚拟均匀网格中的温度数值,最终依据虚拟均匀网格中的温度数值,重构出芯片的温度分布。

[0025] 优选的,上述计算单元用于计算芯片的功耗数据,并依据此功耗数据获得在此功耗数据下微处理器的温度分布。

[0026] 优选的,上述获取单元用于通过热传感器获取采样温度值列表。

[0027] 优选的,上述构造单元用于根据芯片面积大小构造虚拟均匀网格。

[0028] 优选的,上述温度估算单元用于估算出每个虚拟均匀网格中的温度数值。

[0029] 优选的,上述温度分布单元用于依据虚拟均匀网格中的温度数值,重构出芯片的温度分布。

[0030] 综上所述,本发明提供了一种基于动态 Voronoi 图的非均匀采样热重构方法及装置,通过计算芯片的功耗数据,并依据此功耗数据获得在此功耗数据下微处理器的温度分布,接着通过热传感器获取采样温度值列表,然后根据芯片面积大小构造虚拟均匀网格并估算出每个虚拟均匀网格中的温度数值,最终依据虚拟均匀网格中的温度数值,重构出芯片的温度分布,本方案能有效的运用在动态热管理技术中实现实时的全局和局部温度监控。

附图说明

[0031] 图 1 为本发明一种基于动态 Voronoi 图的非均匀采样热重构方法示意图;

[0032] 图 2 为多核处理器热分布仿真流程图;

[0033] 图 3 构建动态 Voronoi 图的示意图;

[0034] 图 4 为不同传感器数量下热重构平均运算时间比较图;

[0035] 图 5 为不同传感器数量下热重构平均温度误差比较图;

[0036] 图 6 为不同传感器数量下热点温度误差比较图;

[0037] 图 7 为不同传感器数量下热重构结果图;

[0038] 图 8 为本发明一种基于动态 Voronoi 图的非均匀采样热重构装置示意图。

具体实施方式

[0039] 本发明实施例提供一种基于动态 Voronoi 图的非均匀采样热重构方法及装置,通过计算芯片的功耗数据,并依据此功耗数据获得在此功耗数据下微处理器的温度分布,接着通过热传感器获取采样温度值列表,然后根据芯片面积大小构造虚拟均匀网格并估算出每个虚拟均匀网格中的温度数值,最终依据虚拟均匀网格中的温度数值,重构出芯片的温度分布,本方案能有效的运用在动态热管理技术中实现实时的全局和局部温度监控。

[0040] 为使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,下面参照附图并举实施例,对本发明进一步详细说明。

[0041] 本发明实施例提供一种基于动态 Voronoi 图的非均匀采样热重构方法,如图 1 所示,具体步骤包括:

[0042] 步骤一、计算芯片的功耗数据,并依据此功耗数据获得在此功耗数据下微处理器的温度分布;

[0043] 具体而言,在本发明实施例中,进一步包括构建多核微处理器架构,通过微处理器性能仿真软件在该芯片架构上仿真标准测试程序,并在此基础上集成功耗分析模块来计算芯片的动态功耗和漏功耗,最后由热特性仿真软件来计算该功耗下微处理器的温度分布。功耗数据包括但不限于模块的动态功耗和漏功耗。

[0044] 进一步的,构建多核微处理器架构,是通过 SimpleScalar 软件在该架构上仿真 SPEC2006 标准测试程序,并通过 Wattch 和 CACTI 来计算动态功耗和漏功耗,最后由 Ansys 软件计算该功耗下多核处理器的温度分布。其中,多核处理器的温度分布是指通过仿真软件得到的多核处理器工作状态时的二维温度矩阵,该矩阵的行列数根据仿真精度的要求确定。

[0045] 在本方案中,采用基于 Alpha 21264 架构的 16 核微处理器,使用 SimpleScalar 软件仿真 SPEC2006 标准测试程序,并通过 Wattch 和 CACTI 来计算动态功耗和漏功耗,最后由 Ansys 软件来计算该功耗下微处理器的温度分布。在本方案中,共使用 SPEC2006 标准测试程序中的 4 组整型测试程序: gcc、mcf、bzip2、h264ref 和 4 组浮点测试程序: milc、lbm、calculix、sphinx3,分别给每一个核随机分配上述 8 种标准测试程序中的一个。

[0046] 图 2 为多核处理器热分布仿真流程图。

[0047] 步骤二、通过热传感器获取采样温度值列表;

[0048] 具体而言,在本发明实施例中,将依据标准测试程序特性,在芯片架构中可能出现热点的部分放置热传感器,得到采样温度值列表。

[0049] 进一步的,在本方案中依据标准测试程序特性,在芯片架构中可能出现热点的部分放置热传感器,得到采样温度值列表。本实施例中,共有三组传感器放置策略,分别为:每核放置 1 个,4 个和 9 个传感器。其中,采样温度值列表是指根据放置的热传感器数量,将仿真得到的多核处理器温度分布中的对应热点部分温度数值作为热传感器读数,所有热传感器读数组成采样温度值向量。

[0050] 图 3 构建动态 Voronoi 图的示意图。图中,(a) 为所有非均匀采样点构造的原始 Voronoi 图,(b) 为虚拟均匀网格中任意一点和所有非均匀采样点构造出的动态 Voronoi 图。

[0051] 步骤三、根据芯片面积大小构造虚拟均匀网格;

[0052] 具体而言,在本发明实施例中,根据芯片面积大小构造虚拟均匀网格。其中,虚拟均匀网格是指由于在计算机处理过程中任何连续的变量必须离散化,因此首先将整个芯片区域中连续的温度信号离散化为 $L \times W$ 的网格表述,在此基础上定义一个二维的虚拟均匀网格 $M \times N$,其中 $0 \leq M \leq L, 0 \leq N \leq W$ 。

[0053] 进一步的,本发明实施例中 16 核微处理器芯片面积大小为 $4.48\text{cm} \times 4.48\text{cm}$,将整个芯片区域中连续的温度信号离散化为 $(L=112) \times (W=112)$ 的网格表述,也就是每个离散点代表芯片面积为 $0.4\text{mm} \times 0.4\text{mm}$ 的温度。在此基础上定义一个二维的虚拟均匀网格 $(M=16) \times (N=16)$ 。

[0054] 步骤四、估算出每个虚拟均匀网格中的温度数值;

[0055] 具体而言,在本发明实施例中,是根据基于动态 Voronoi 图的距离倒数加权算法

估算出每个虚拟均匀网格中的温度数值。其中,基于动态 Voronoi 图的距离倒数加权算法是指给出虚拟均匀网格中任意一点 P 的位置,将其和所有预先设置的非均匀传感器位置结合构造出 Voronoi 图 D;虚拟均匀网格中 P 点的温度数值由 Voronoi 图 D 中 P 点的 1 级邻域采样点集和 2 级邻域采样点集通过距离倒数加权算法计算得到。

[0056] 其中,1 级邻域采样点集是指在 Voronoi 图 D 中,所有与 P 点相邻的采样点定义为 P 点的 1 级邻域采样点集。

[0057] 其中,2 级邻域采样点集是指在 Voronoi 图 D 中,所有与 P 点的 1 级邻域采样点集相邻的采样点定义为 P 点的 2 级邻域采样点集。

[0058] 进一步的,本方案在根据基于动态 Voronoi 图的距离倒数加权算法估算出每个虚拟均匀网格中的温度数值,算法框架如下:

[0059] 1. 根据虚拟均匀网格中任意一点 P 的位置,将其和所有非均匀采样点位置结合构造出动态 Voronoi 图 D。

[0060] 2. 寻找动态 Voronoi 图 D 中 P 点的 1 级邻域采样点集和 2 级邻域采样点集。

[0061] 3. 首先根据 P 点的 1 级邻域采样点和 2 级邻域采样点构成的集合 C;由于 1 级邻域采样点比 2 级邻域采样点对 P 点的影响更大,因而设定影响因子 w 为随领域级数的增大而衰减的函数,本实施例中设定其为负指数函数;最后通过距离倒数加权算法计算出 P 点的温度估计值为:

$$[0062] \quad T_P = \begin{cases} \frac{\sum_{s_i \in C} w_i s_i d_i^{-2}}{\sum_{s_i \in C} w_i d_i^{-2}}, & d_i \neq 0 \\ s_i, & d_i = 0 \end{cases} \quad (\text{公式一})$$

$$[0063] \quad d_i = \sqrt{(x_P - x_{s_i})^2 + (y_P - y_{s_i})^2} \quad (\text{公式二})$$

[0064] 即,基于动态 Voronoi 图的距离倒数加权算法是指给出虚拟均匀网格中任意一点 P 的位置,将其和所有预先设置的非均匀传感器位置结合构造出 Voronoi 图 D;虚拟均匀网格中 P 点的温度数值由 Voronoi 图 D 中 P 点的 1 级邻域采样点集和 2 级邻域采样点集通过距离倒数加权算法计算得到。

[0065] 图 4 为不同传感器数量下热重构平均运算时间比较图;图 5 为不同传感器数量下热重构平均温度误差比较图;图 6 为不同传感器数量下热点温度误差比较图。

[0066] 步骤五、依据虚拟均匀网格中的温度数值,重构出芯片的温度分布。

[0067] 具体而言,在本发明实施例中,在估计出所有虚拟均匀网格的温度数值后,运用经典的均匀采样插值算法重构出整个芯片的温度分布。

[0068] 进一步的,在本发明实施例中分别采用了三种经典的均匀采样插值算法:邻近插值、双线性插值和双三次样条插值。

[0069] 图 4 为不同传感器数量下热重构平均运算时间比较图;图 5 为不同传感器数量下热重构平均温度误差比较图;图 6 为不同传感器数量下热点温度误差比较图;图 7 为不同传感器数量下热重构结果图。

[0070] 此外,本方案还包括计算热重构平均温度误差和热点温度误差。

[0071] 其中,热重构平均温度误差是指热重构后得到的所有 $L \times W$ 个离散点温度值和原始热分布对应温度数值误差比率的均值。

[0072] 其中,热点温度误差是指热重构后得到的最热点温度值和原始热分布中最热点温度数值误差比率的均值。

[0073] 进一步的,在本方案中,设定植入多核处理器中的传感器数目分别为每核 1 个,4 个和 9 个时,分别采用本实施例方法和距离倒数加权算法进行运算时间的比较如图 4 所示;和频谱技术进行热重构平均温度误差、热点温度误差比较分别如图 5 及图 6 所示。该结果证明了本实施例方法具有较短的运算时间和较高的误差精度,可以有效的运用在动态热管理技术中实现实时的全局和局部温度监控。

[0074] 另外,本发明实施例还提供了一种基于动态 Voronoi 图的非均匀采样热重构装置。如图 8 所示,为本发明实施例提供的一种基于动态 Voronoi 图的非均匀采样热重构装置示意图。

[0075] 一种基于动态 Voronoi 图的非均匀采样热重构装置,包括计算单元 11、获取单元 22、构造单元 33、温度估算单元 44 及温度分布单元 55。

[0076] 计算单元 11,用于计算芯片的功耗数据,并依据此功耗数据获得在此功耗数据下微处理器的温度分布;

[0077] 具体而言,在本发明实施例中,进一步包括构建多核微处理器架构,通过微处理器性能仿真软件在该芯片架构上仿真标准测试程序,并在此基础上集成功耗分析模块来计算芯片的动态功耗和漏功耗,最后由热特性仿真软件来计算该功耗下微处理器的温度分布。

[0078] 进一步的,构建多核微处理器架构,是通过 SimpleScalar 软件在该架构上仿真 SPEC2006 标准测试程序,并通过 Wattch 和 CACTI 来计算动态功耗和漏功耗,最后由 Ansys 软件计算该功耗下多核处理器的温度分布。其中,多核处理器温度分布是指通过仿真软件得到的多核处理器工作状态时的二维温度矩阵,该矩阵的行列数根据仿真精度的要求而定。

[0079] 在本方案中,采用基于 Alpha 21264 架构的 16 核微处理器,使用 SimpleScalar 软件仿真 SPEC2006 标准测试程序,并通过 Wattch 和 CACTI 来计算动态功耗和漏功耗,最后由 Ansys 软件来计算该功耗下微处理器的温度分布。在本方案中,共使用 SPEC2006 标准测试程序中的 4 组整型测试程序 :gcc、mcf、bzip2、h264ref 和 4 组浮点测试程序 :milc、lbm、calculix、sphinx3,分别给每一个核随机分配上述 8 种标准测试程序中的一个。

[0080] 图 2 为多核处理器热分布仿真流程图。

[0081] 获取单元 22,用于通过热传感器获取采样温度值列表;

[0082] 具体而言,在本发明实施例中,将依据标准测试程序特性,在芯片架构中可能出现热点的部分放置热传感器,得到采样温度值列表。

[0083] 进一步的,在本方案中依据标准测试程序特性,在芯片架构中可能出现热点的部分放置热传感器,得到采样温度值列表。本实施例中,共有三组传感器放置策略,分别为:每核放置 1 个,4 个和 9 个传感器。其中,采样温度值列表是指根据放置的热传感器数量,将仿真得到的多核处理器温度分布中的对应热点部分温度数值作为热传感器读数,所有热传感器读数组成采样温度值向量。

[0084] 图 3 构建动态 Voronoi 图的示意图。图中,(a) 为所有非均匀采样点构造的原始 Voronoi 图,(b) 为虚拟均匀网格中任意一点和所有非均匀采样点构造出的动态 Voronoi 图。

[0085] 构造单元 33,用于根据芯片面积大小构造虚拟均匀网格;

[0086] 具体而言,在本发明实施例中,根据芯片面积大小构造虚拟均匀网格。其中,虚拟均匀网格是指由于在计算机处理过程中任何连续的变量必须离散化,因此首先将整个芯片区域中连续的温度信号离散化为 $L \times W$ 的网格表述,在此基础上定义一个二维的虚拟均匀网格 $M \times N$,其中 $0 \leq M \leq L, 0 \leq N \leq W$ 。

[0087] 进一步的,本发明实施例中 16 核微处理器芯片面积大小为 $4.48\text{cm} \times 4.48\text{cm}$,将整个芯片区域中连续的温度信号离散化为 $(L=112) \times (W=112)$ 的网格表述,也就是每个离散点代表芯片面积为 $0.4\text{mm} \times 0.4\text{mm}$ 的温度。在此基础上定义一个二维的虚拟均匀网格 $(M=16) \times (N=16)$ 。

[0088] 温度估算单元 44,用于估算出每个虚拟均匀网格中的温度数值;

[0089] 具体而言,在本发明实施例中,是根据基于动态 Voronoi 图的距离倒数加权算法估算出每个虚拟均匀网格中的温度数值。其中,基于动态 Voronoi 图的距离倒数加权算法是指给出虚拟均匀网格中任意一点 P 的位置,将其和所有预先设置的非均匀传感器位置结合构造出 Voronoi 图 D;虚拟均匀网格中 P 点的温度数值由 Voronoi 图 D 中 P 点的 1 级邻域采样点集和 2 级邻域采样点集通过距离倒数加权算法计算得到。

[0090] 其中,1 级邻域采样点集是指在 Voronoi 图 D 中,所有与 P 点相邻的采样点定义为 P 点的 1 级邻域采样点集。

[0091] 其中,2 级邻域采样点集是指在 Voronoi 图 D 中,所有与 P 点的 1 级邻域采样点集相邻的采样点定义为 P 点的 2 级邻域采样点集。

[0092] 进一步的,本方案在根据基于动态 Voronoi 图的距离倒数加权算法估算出每个虚拟均匀网格中的温度数值,算法框架如下:

[0093] 4. 根据虚拟均匀网格中任意一点 P 的位置,将其和所有非均匀采样点位置结合构造出动态 Voronoi 图 D。

[0094] 5. 寻找动态 Voronoi 图 D 中 P 点的 1 级邻域采样点集和 2 级邻域采样点集。

[0095] 6. 首先根据 P 点的 1 级邻域采样点和 2 级邻域采样点构成的集合 C;由于 1 级邻域采样点比 2 级邻域采样点对 P 点的影响更大,因而设定影响因子 w 为随邻域级数的增大而衰减的函数,本实施例中设定其为负指数函数;最后通过距离倒数加权算法计算出 P 点的温度估计值为:

$$[0096] \quad T_P = \begin{cases} \frac{\sum_{S_i \in C} w_i s_i d_i^{-2}}{\sum_{S_i \in C} w_i d_i^{-2}}, & d_i \neq 0 \\ s_i, & d_i = 0 \end{cases} \quad (\text{公式一})$$

$$[0097] \quad d_i = \sqrt{(x_P - x_{S_i})^2 + (y_P - y_{S_i})^2} \quad (\text{公式二})$$

[0098] 图 4 为不同传感器数量下热重构平均运算时间比较图;图 5 为不同传感器数量下热重构平均温度误差比较图;图 6 为不同传感器数量下热点温度误差比较图。

[0099] 温度分布单元 55,用于依据虚拟均匀网格中的温度数值,重构出芯片的温度分布。

[0100] 具体而言,在本发明实施例中,在估计出所有虚拟均匀网格的温度数值后,运用经典的均匀采样插值算法重构出整个芯片的温度分布。

[0101] 进一步的,在本发明实施例中分别采用了三种经典的均匀采样插值算法:邻近插

值、双线性插值和双三次样条插值。

[0102] 图 4 为不同传感器数量下热重构平均运算时间比较图；图 5 为不同传感器数量下热重构平均温度误差比较图；图 6 为不同传感器数量下热点温度误差比较图；图 7 为不同传感器数量下热重构结果图。

[0103] 本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例方法携带的全部或部分步骤是可以过程序来指令相关的硬件完成，所述的程序可以存储于一种计算机可读存储介质中，该程序在执行时，包括方法实施例的步骤之一或其组合。

[0104] 另外，在本发明各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理模块中，也可以是各个单元单独物理存在，也可以两个或两个以上单元集成在一个模块中。上述集成的模块既可以采用硬件的形式实现，也可以采用软件功能模块的形式实现。所述集成的模块如果以软件功能模块的形式实现并作为独立的产品销售或使用，也可以存储在一个计算机可读存储介质中。

[0105] 综上所述，本文提供了一种基于动态 Voronoi 图的非均匀采样热重构方法及装置，通过计算芯片的功耗数据，并依据此功耗数据获得在此功耗数据下微处理器的温度分布，接着通过热传感器获取采样温度值列表，然后根据芯片面积大小构造虚拟均匀网格并估算出每个虚拟均匀网格中的温度数值，最终依据虚拟均匀网格中的温度数值，重构出芯片的温度分布，本方案能有效的运用在动态热管理技术中实现实时的全局和局部温度监控。

[0106] 以上对本发明所提供的一种基于动态 Voronoi 图的非均匀采样热重构方法及装置进行了详细介绍，本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述，以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方案；同时，对于本领域的一般技术人员，依据本发明的思想，在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处，综上所述，本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

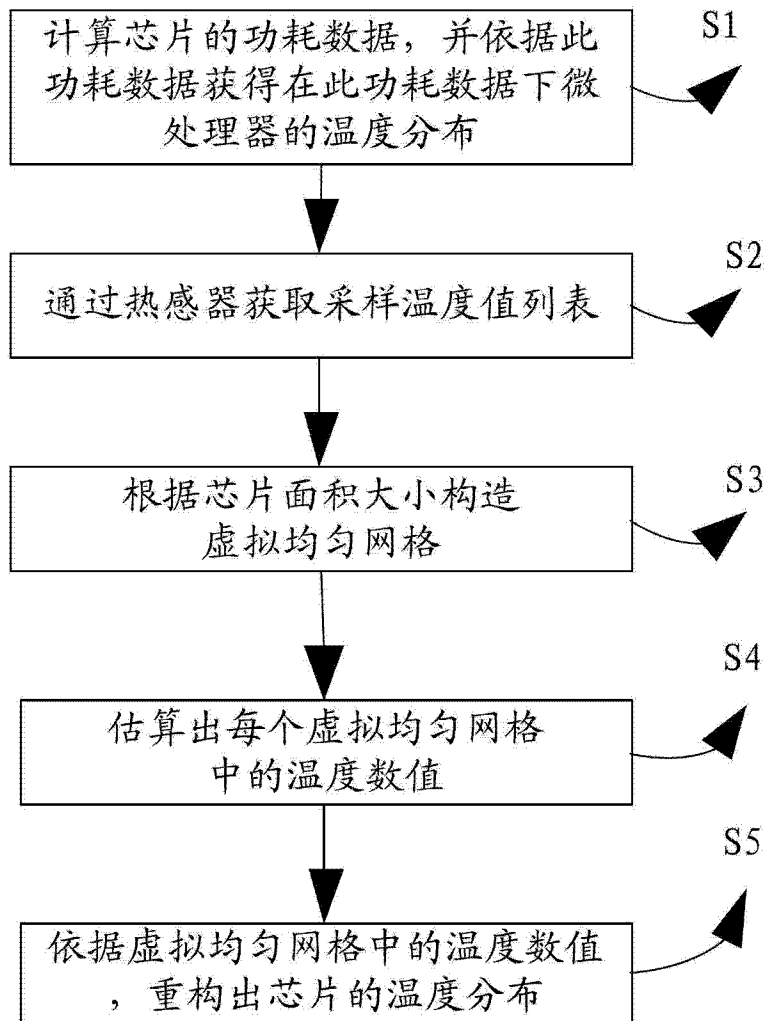


图 1

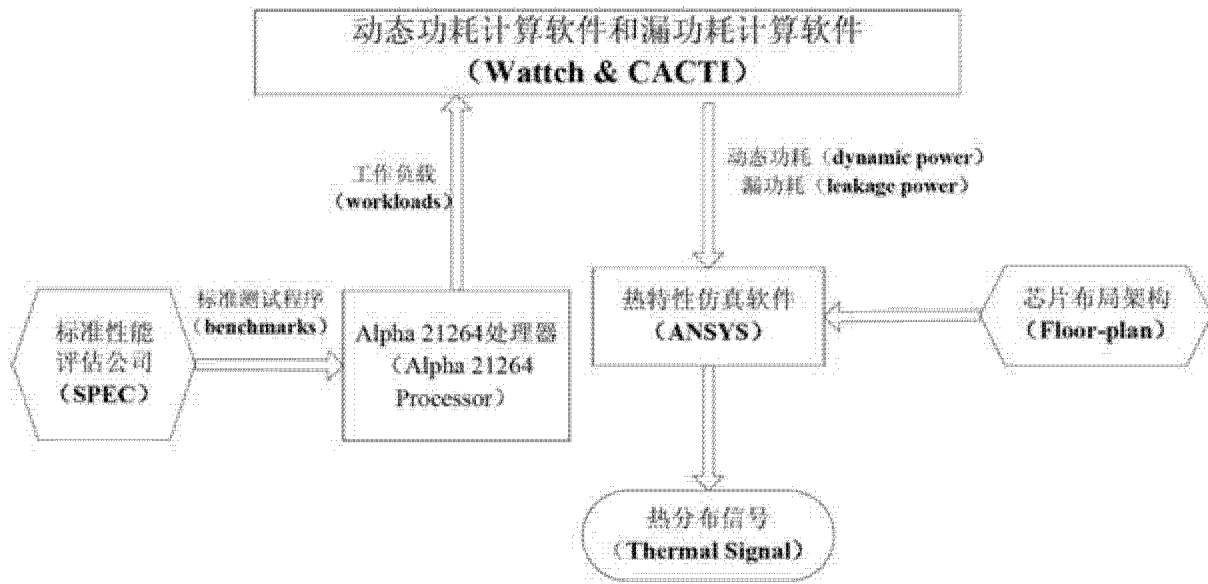


图 2

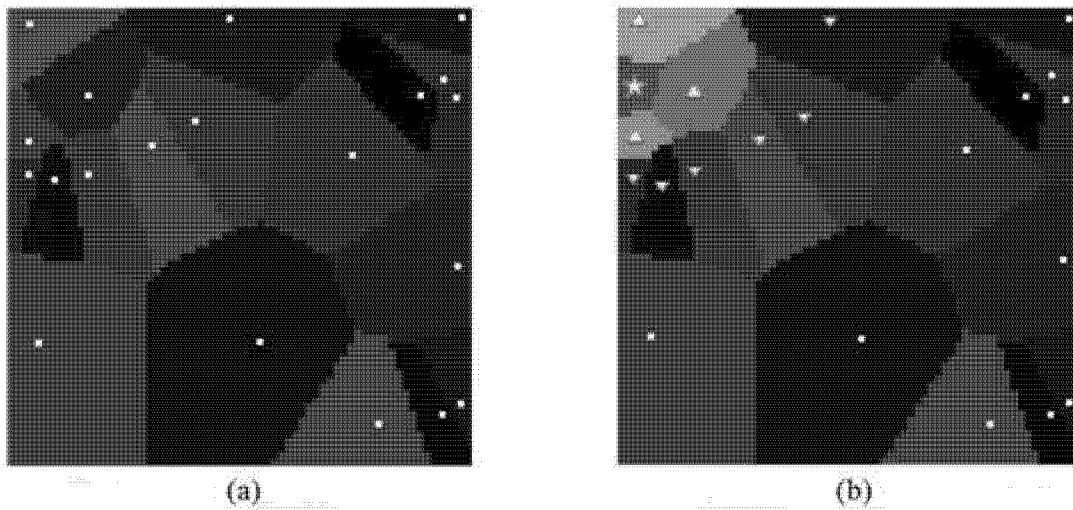


图 3

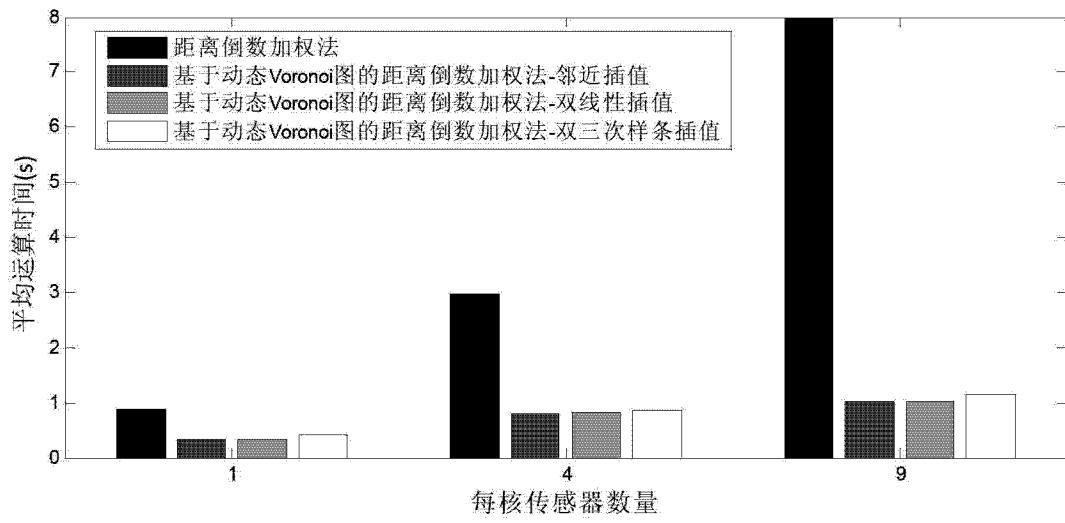


图 4

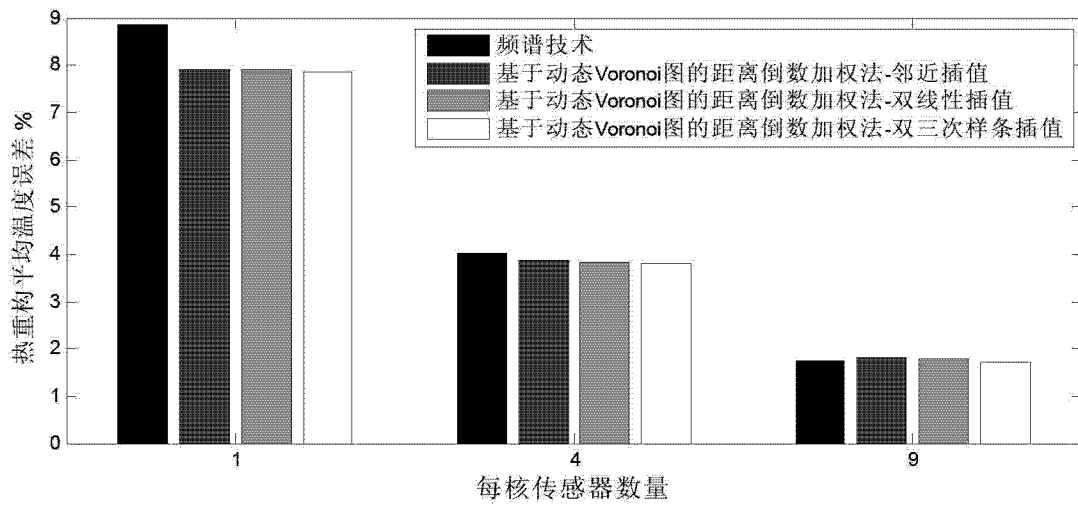


图 5

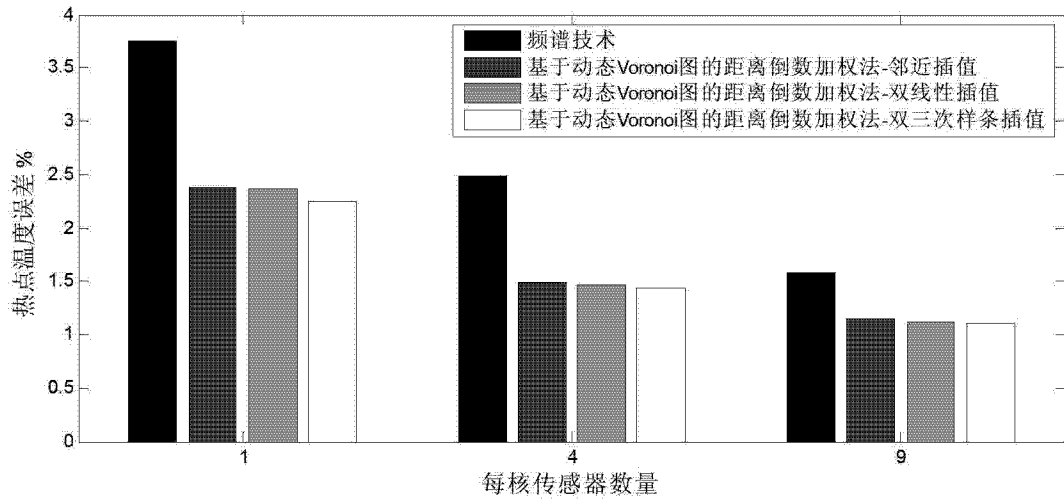


图 6

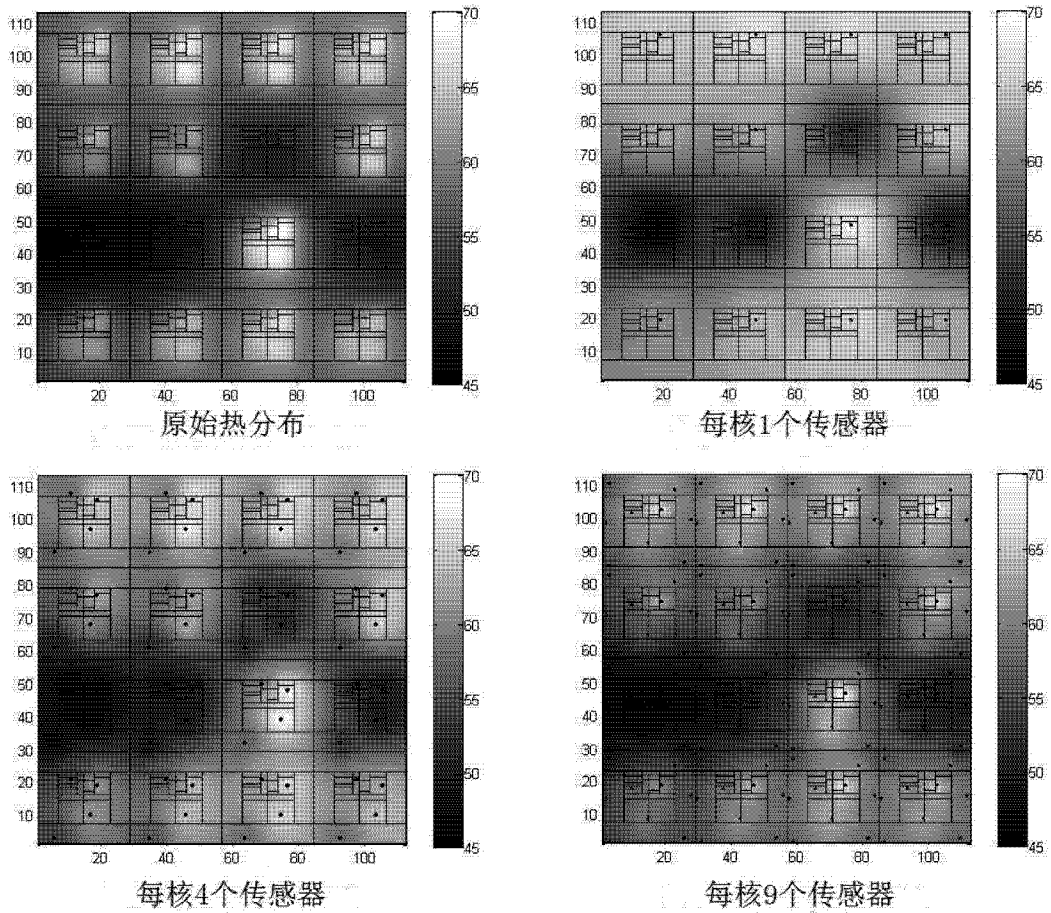


图 7

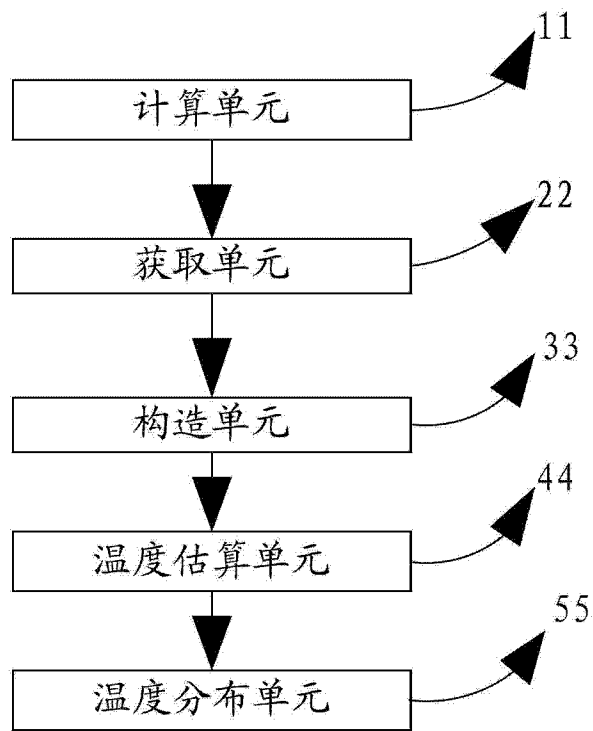


图 8