

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2016 年 6 月 30 日 (30.06.2016)



(10) 国际公布号
WO 2016/101664 A1

- (51) 国际专利分类号:
G06F 9/38 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2015/090154
- (22) 国际申请日: 2015 年 9 月 21 日 (21.09.2015)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201410829197.X 2014 年 12 月 26 日 (26.12.2014) CN
- (71) 申请人: 深圳市中兴微电子有限公司 (ZHONGXING MICROELECTRONICS TECHNOLOGY CO. LTD) [CN/CN]; 中国广东省深圳市盐田区大梅沙 1 号厂房, Guangdong 518085 (CN)。
- (72) 发明人: 周峰 (ZHOU, Feng); 中国广东省深圳市盐田区大梅沙 1 号厂房, Guangdong 518085 (CN)。安康 (AN, Kang); 中国广东省深圳市盐田区大梅沙 1 号厂房, Guangdong 518085 (CN)。王志忠 (WANG, Zhizhong); 中国广东省深圳市盐田区大梅沙 1 号厂房, Guangdong 518085 (CN)。刘衡祁 (LIU, Hengqi); 中国广东省深圳市盐田区大梅沙 1 号厂房, Guangdong 518085 (CN)。
- (74) 代理人: 北京派特恩知识产权代理有限公司 (CHINA PAT INTELLECTUAL PROPERTY OF-

FICE); 中国北京市海淀区海淀南路 21 号中关村知识产权大厦 B 座 2 层, Beijing 100080 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第 21 条(3))。

(54) Title: INSTRUCTION SCHEDULING METHOD AND DEVICE

(54) 发明名称: 一种指令调度方法及装置

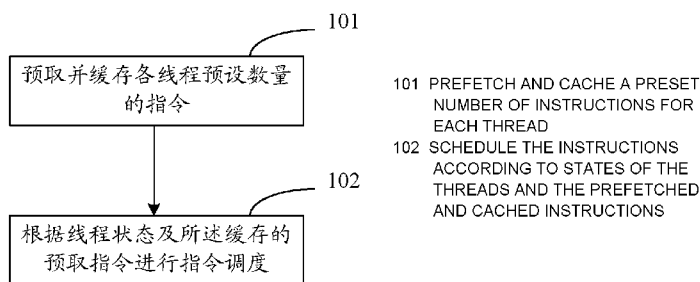


图 1 / FIG. 1

(57) Abstract: Disclosed in embodiments of the present invention are an instruction scheduling method and device, the method comprising: prefetching and caching a preset number of instructions for each thread; scheduling the instructions according to states of the threads and the prefetched and cached instructions. In the embodiments of the present invention, the instruction prefetching is executed first, and then the scheduling is performed according to the prefetched instructions, such that bubbles for the instructions can be avoided, and efficiency of the instruction scheduling and an overall performance of an ME are improved. In addition, if instruction priority scheduling is further performed, a degree of disorder can also be reduced, thus further improving the instruction scheduling efficiency and the overall performance of the ME.

(57) 摘要: 本发明实施例公开了一种指令调度方法及装置, 该方法包括: 预取并缓存各线程预设数量的指令; 根据线程状态及所述缓存的预取指令进行指令调度。本发明实施例首先执行指令预取, 再根据预取的指令进行调度, 从而能够避免指令空拍, 提高指令调度效率及 ME 的整体性能; 此外, 如果进一步进行指令优先级调度, 还可以减轻乱序程度, 进一步提高指令调度效率及 ME 的整体性能。

WO 2016/101664 A1

一种指令调度方法及装置

技术领域

本发明涉及网络处理器技术，尤其涉及一种指令调度方法及装置。

背景技术

5 为了满足未来网络发展的需要，提高路由器的性能，处于因特网（Internet）骨干位置的核心路由器进行了一个又一个的技术变革。尤其在高端路由器市场，网络处理器以其杰出的报文处理性能及可编程性已经成为构成路由转发引擎不可替代的部分。

 在网络处理器系统中，微引擎（ME，Micro Engine）是网络处理器的
10 核心部件，负责根据微码指令（Microcode Instructions）完成对报文的解析与处理。微码指令是 ME 工作的必要条件，因此，ME 取指及指令的调度影响着 ME 整体的性能，取指及指令的调度效率不高将会使 ME 没有足够的指令来执行而处于初始状态。因此需要设计一个合理高效的方案来实现 ME 取指及指令的调度，同时使 ME 有较高的处理性能。

15 传统的多线程网络处理器都采用了高速缓存（cache）来存储微码指令，由于 cache 的访问有一定几率的不命中，对于粗粒度多线程结构的 ME 在取指及指令的调度方法不高效时，指令的空拍会造成内核流水线的空闲，从而导致 ME 性能的下降。

 另外，虽然细粒度多线程结构的 ME 可以利用线程切换来隐藏取指空
20 拍的问题，但是由于线程频繁的切换，在一定程度上会加重 ME 处理报文的乱序程度。这种乱序程度会越来越大，最终导致报文进出 ME 的乱序程度加大，从而对网络处理器后续的保序模块造成较大的压力，导致系统整体性能的下降。

发明内容

有鉴于此，为解决现有存在的技术问题，本发明实施例提供：

一种指令调度方法，包括：

预取并缓存各线程预设数量的指令；

5 根据线程状态及所述缓存的预取指令进行指令调度。

一具体实施例中，所述预取指令，包括：

向指令缓存模块发送取指请求，所述取指请求至少携带取指地址；

接收来自指令缓存模块的响应消息，确定所述响应消息携带取指成功
信息和指令内容时，获取所述指令内容以进行本地缓存；确定所述响应消
10 息携带取指失败信息和取指地址时，将所述取指地址重新加入取指队列，
根据调度重新取指。

一具体实施例中，所述取指地址包括以下一种或多种：新包取指地址、
分支取指地址、重新取指地址和顺序取指地址。

一具体实施例中，该方法还包括：

15 确定线程缓存的指令数量不大于预设值时，启动新一轮对所述线程的
指令预取，即预取并缓存所述线程预设数量的指令。

一具体实施例中，线程状态包括：初始状态、等待状态和准备状态，
所述根据线程状态及所述缓存的预取指令进行指令调度，包括：

根据近期最少使用算法 LRU 及线程的进包先后顺序，对线程状态为准
20 备状态的线程进行调度。

本发明实施例还提供一种指令调度装置，包括：取指模块、指令寄存器
模块、控制状态机模块和指令调度模块；其中，

所述取指模块，用于预取各线程的指令；

所述指令寄存器模块，用于缓存预取的各线程预设数量的指令；

25 所述控制状态机模块，用于进行线程状态控制；

所述指令调度模块，用于根据控制状态机模块提供的线程状态及指令寄存器模块缓存的预取指令进行指令调度。

一具体实施例中，所述取指模块具体用于：向指令缓存模块发送取指请求，所述取指请求至少携带取指地址；接收来自指令缓存模块的响应消息，所述响应消息携带取指失败信息和取指地址，之后，将所述取指地址重新加入取指队列，根据调度重新取指；

所述控制状态机模块，还用于接收来自指令缓存模块的响应消息，所述响应消息携带取指成功信息和指令内容，之后，获取所述指令内容并发送至指令寄存器模块进行缓存。

一具体实施例中，所述控制状态机模块，还用于判断指令寄存器模块缓存的线程的指令数量是否不大于预设值；

所述取指模块，还用于在控制状态机模块确定线程的指令数量不大于预设值时，启动新一轮对所述线程的指令预取。

一具体实施例中，所述指令调度模块，具体用于根据 LRU 对线程状态为准备状态的线程进行调度。

本发明实施例所述的指令调度方法及装置，预取并缓存各线程预设数量的指令；根据线程状态及所述缓存的预取指令进行指令调度。本发明实施例首先执行指令预取，再根据预取的指令进行调度，从而能够避免指令空拍，提高指令调度效率及 ME 的整体性能；此外，如果进一步进行指令优先级调度，还可以减轻乱序程度，进一步提高指令调度效率及 ME 的整体性能。

附图说明

图 1 为本发明实施例一种指令调度方法流程示意图；

图 2 为本发明实施例一种指令调度装置结构示意图；

图 3 为本发明实施例 1 所述的 ME 指令调度流程示意图；

图 4 为本发明实施例 2 所述的 ME 指令预取流程示意图;

图 5 为本发明实施例 2 中控制状态机状态跳转示意图;

图 6 为本发明实施例 3 所述的 ME 线程级指令调度的流程示意图;

图 7 为本发明实施例 3 中指令调度模块的结构示意图。

5 具体实施方式

为了提高指令调度效率及 ME 的整体性能, 本发明实施例提出了一种指令调度方法, 如图 1 所示, 该方法包括:

步骤 101: 预取并缓存各线程预设数量的指令。

一具体实施例中, 所述预取指令, 包括:

10 向指令缓存模块发送取指请求, 所述取指请求至少携带取指地址; 这里, 取指地址可以包括以下一种或多种: 新包取指地址、分支取指地址、重新取指地址和顺序取指地址。

接收来自指令缓存模块 (即 cache) 的响应消息, 确定所述响应消息携带取指成功信息和指令内容 (即接收到取指成功响应) 时, 获取所述指令
15 内容以进行本地缓存; 确定所述响应消息携带取指失败信息和取指地址 (即接收到取指失败响应) 时, 将该取指地址重新加入取指队列, 根据调度重新取指。

步骤 102: 根据线程状态及所述缓存的预取指令进行指令调度。

一具体实施例中, 线程状态包括: 初始状态、等待状态和准备状态, 相应的, 所述根据线程状态及所述缓存的预取指令进行指令调度, 包括:
20 根据近期最少使用算法 LRU 对线程状态为准备状态的线程进行调度。这里, 线程状态为准备状态表示控制状态机模块给出了线程准备状态信号。需要说明的是, 并不是在线程准备好之后立即给出准备状态信号, 同一线程的两个准备状态信号之间一般需要间隔预设时间。

25 需要说明的是, 如果指令被调度, 则删除缓存中的该指令。

一具体实施例中，该方法还包括：

确定线程缓存的指令数量不大于预设值时，启动新一轮对所述线程的指令预取，即预取并缓存所述线程预设数量的指令。

5 本发明实施例还相应地提出了一种指令调度装置，如图 2 所示，该装置包括：取指模块 201、指令寄存器模块 202、控制状态机模块 203 和指令调度模块 204；其中，

所述取指模块 201，用于预取各线程的指令；

所述指令寄存器模块 202，用于缓存预取的各线程预设数量的指令；

所述控制状态机模块 203，用于进行线程状态控制；

10 所述指令调度模块 204，用于根据控制状态机模块提供的线程状态及指令寄存器模块缓存的预取指令进行指令调度。

一具体实施例中，所述取指模块 201 具体用于：向指令缓存模块发送取指请求，所述取指请求至少携带取指地址；接收来自指令缓存模块的响应消息，所述响应消息携带取指失败信息和取指地址，之后，将该取指地址重新加入取指队列，根据调度重新取指；

15

相应的，所述控制状态机模块 203，还用于接收来自指令缓存模块的响应消息，所述响应消息携带取指成功信息和指令内容，之后，获取所述指令内容并发送至指令寄存器模块进行缓存。

一具体实施例中，所述控制状态机模块 203，还用于判断指令寄存器模块缓存的线程的指令数量是否不大于预设值；

20

所述取指模块 201，还用于在控制状态机模块确定线程的指令数量不大于预设值时，启动新一轮对所述线程的指令预取。

一具体实施例中，所述指令调度模块 204，具体用于根据 LRU 对线程状态为准备状态的线程进行调度。

25 将本发明实施例所述的指令调度装置设置于 ME 上，能够避免指令空

拍，减轻乱序程度，进而提高指令调度效率及 ME 的整体性能。

下面通过具体实施例对本发明的技术方案作进一步详细说明。下述实施例中，指令调度装置设置于 ME，ME 通过指令调度装置完成多线程的指令取指及指令调度。指令调度装置根据所有线程执行情况，提前产生各自的取指 PC，并从 cache 中取得相应线程的指令，加载到内部的缓存。指令调度装置管理每个线程的指令调度，按照 LRU 算法（Least Recently Used）完成线程级指令调度，从缓存中将指令发射给流水线（pipeline），同时保证先进入 ME 的报文优先执行完指令。

本实施例中涉及的指令调度装置参考图 2，主要包括取指模块（gen_pc）、控制状态机模块（ctrl_fsm）、指令寄存器模块（instr_rf）和指令调度模块。本实施例中，指令调度装置根据所有线程执行情况，提前产生各自的取指 PC，并从 cache 中取得相应线程的指令，加载到内部的缓存，具体包括：

1）新报文进入 ME 时，信息中携带有新包取指地址（pkt_pc）。取指模块解析报文信息，产生 pkt_pc，写入取指队列（pc_queue），向 cache 发出取指请求。cache 返回指令后，指令调度装置将返回的指令按照其线程号，写入到指令寄存器模块中的相应缓存。

2）指令寄存器模块完成取回指令的加载和预解析操作，每个线程可以存储 4 条指令。将解析出的 halt 类、跳转类或者非法指令通知给控制状态机模块。

3）控制状态机模块监视每个线程的指令寄存器，当某个线程执行到倒数第二条指令时，会提前发出每个线程的取指请求（顺序取指地址），以避免当前线程最后一条指令发出后，缓存中没有有效指令可被发出，出现空拍。

4）当取指发生不命中（cache miss）时，cache 返回当前的 pc（重新取

指地址)值, 指令调度装置将此 pc 重新写入 pc queue, 等待再次取指。

下述实施例中, 指令调度装置还管理每个线程的指令调度, 在指令预取的基础上按照 LRU 算法 (Least Recently Used) 完成线程级指令调度, 从缓存中将指令发射给 pipeline, 同时保证先进入 ME 的报文优先执行完指令,

5 具体处理为:

当某个线程指令寄存器被加载有效指令后, 状态机处于 rdy 状态, 给出 ready 信号后, 等待指令模块调度授权。指令调度模块根据 Least Recently Used 算法, 尽量使报文先进入的线程取得最高优先级, 使这个线程的指令最先处理完毕。指令调度模块根据不同线程给出的 ready, 完成授权, 得到
10 授权的线程即将指令发送到流水线完成指令的处理。

当某个线程的指令寄存器指令分配完毕(4 个指令都已经发送给内核流水线)或者解析出分支指令时, 状态机跳转到 wait 状态。如果某个线程只剩下最后一条指令在缓存未被发出时, 指令调度装置则向 pc queue 写入取指地址 PC, 向 cache 取回下一组的 4 条指令。如果是 branch 指令, 则等待
15 流水线解析出新的 pc 再写入 pc queue。此时不给出 ready 信号, 即不参与线程级指令调度。当新的指令返回后, 状态机重新进入 rdy 状态。如果解析出 halt 指令, 状态机则跳到 idle 状态, 拉低 ready 信号, 不参与线程级指令调度。

20 实施例 1

图 3 为本发明实施例 1 所述的 ME 指令调度流程示意图, 如图 3 所示, 该方法包括以下步骤:

步骤 301, 取指模块解析新包中携带的取指 pc 信息, 并发出取指请求;

在这里, 取指模块是由四个队列加仲裁模块组成, 队列缓存对应的取
25 指请求, 经过 4 到 1 的仲裁后向 cache 发出取指请求。考虑到实际处理报文取指请求时, 四个队列分别对应于四种取指 pc 请求, 新包取指 pkt_pc、报

文顺序取指、跳转取指、cache 不命中后重复取指。

在实际报文处理中，对于新包，解析报文信息，提取取指 pc，发出取指请求。而对于正在处理中的报文，实际有顺序 pc+1 的取指，跳转类指令后的取指和 cache 不命中后的重复取指，为方便管理和实现取指操作，所以
5 采用队列分类管理和缓存，其中队列的深度只需设置为 ME 的线程数。

通过实际性能测试，取指设置队列仲裁的优先级顺序为 pc+1 取指、跳转取指、cache 不命中取指、新包 pc 取指（高优先级在前），可以保证性能最优化。

步骤 302，新包经过取指模块发出取指请求后，cache 向控制状态机模块返回指令，指令寄存器模块获取该指令并完成指令的加载和预解析；
10

在实际应用中，指令寄存器模块中的指令缓存是由寄存器组构成，每个线程可以缓存四条指令。在某个线程发出一条指令之前，指令寄存器模块对指令完成预解析操作，分析出指令的操作类型，为状态控制机提供控制信号。

15 步骤 303，指令调度模块完成指令级调度，发出指令给 pipeline；

具体的，报文的指令在指令寄存器模块完成加载后，会对指令调度模块发出 ready 请求（当前线程已经将指令准备好，请求向 pipeline 发出指令）。指令调度模块给予授权之后，报文所在的线程向 pipeline 发出一条指令。

在实际应用中，ME 是多线程运行的，存在多个线程发出 ready 请求，
20 指令调度模块需要使用调度策略保证先进入的报文始终可以得到授权的优先级高。

具体的，lru 调度策略是一种动态更新 base 值的 RR 调度算法。指令调度模块使用队列中记录每个线程的线程号，将其作为 RR 调度算法的 base 值。这样先进入 ME 的报文的线程号将排在队列的头部，将其作为 RR 调度
25 算法的 base 值，RR 调度的结果就会始终使排在队列头部的报文得到高优先

级授权。

步骤 304，控制状态机模块监视每个线程的工作状态，预先发出取指请求或者释放线程完成处理。

具体的，控制状态机模块监视每个线程的指令缓存计数，当某个线程
5 的指令缓存中只剩下一条指令时，会提前发出每个线程的 $pc+1$ 的取指请求给取指模块，以避免当前线程最后一条指令发出后，缓存中没有有效指令可被发出，出现空拍。

控制状态机模块为每个线程设置一个状态机，当某个线程执行到跳转类指令时，状态机将进入 wait 状态，由流程解析跳转指令后将取指请求发
10 出给取指模块，等新的指令返回后，再重新激活这个线程的状态机进入 rdy 工作状态。

步骤 305，当某个线程执行到 Halt 指令时，状态机将进入 idle 状态。Halt 指令是报文处理完毕并发出的指令，所以执行到此指令后，控制状态机模块将使此线程的状态机进入 idle 休眠状态，释放此线程所有的缓存资源，等此线程重新分配给新包后将再度被使用。
15

实施例 2

本实施例中，指令调度装置通过取指模块和控制状态机模块完成指令的预取，图 4 为本发明实施例 2 所述的 ME 的指令预取流程示意图，如图 4
20 所示，该方法包括以下步骤：

步骤 401，新包进入 ME，指令调度装置解析并提取取指 pc ，向取指模块发出取指请求；

步骤 402，取指模块经过仲裁调度，向 cache 发出取指请求；

步骤 403，指令返回并加载到指令寄存器模块，被调度发射到 pipeline。
25 在执行过程中，控制状态机模块会监视每个线程的指令发射情况。当指令缓存中只剩下一条指令时，将会提前对取指模块发出 $pc+1$ 取指请求，指令

返回后将继续执行。

控制状态机模块为每个线程设置一个状态机，而当线程执行到跳转类指令时，控制状态机模块将使状态机进入到 wait 状态，将 pipeline 解析后的跳转地址请求发送给取指模块。指令返回后，将激活状态机进入到 rdy 状态，等待调度，继续发射指令到 pipeline。

当线程执行到 Hlat 指令时，代表报文执行完毕并发出，控制状态机模块将使状态机进入到 idle 状态，并释放该线程的所有资源，该报文处理完毕。

图 5 为本发明实施例 2 中控制状态机状态跳转示意图，如图 5 所示，

状态跳转具体涉及：

1) 初始，线程里没包时，状态机处于 idle 状态；

2) 当第一条指令取回时，转移到 rdy 状态；

3) rdy 时，发出 ready 请求（每 4 个周期发出一个线程的 ready 请求信号）。如果数据口指令解析为 halt，并且得到这个指令的授权后，转移到 idle 状态。此线程包处理完毕，重新回到初始状态。

如果数据口指令解析为跳转类指令，并且得到这个指令的授权后，转移到 wait 状态。

4) wait 状态时，表示指令缓存中的指令已经发射完，而等待新的指令返回。此时不给出 ready 请求。cache 返回新的指令后，重新转移到 rdy 状态，并重新发出 ready 请求。

实施例 3

本实施例中，指令调度装置通过指令调度模块管理每个线程的指令调度。指令调度模块按照 LRU 算法（Least Recently Used）完成线程级指令调度，从缓存中将指令发射给 pipeline，保证先进入 ME 的报文优先执行完指令。

图 6 为本发明实施例 3 所述的 ME 线程级指令调度的流程示意图，如图 6 所示，该方法包括以下步骤：

步骤 601，提取新包的线程号，将其写入 base 队列；

5 本发明线程级指令调度策略的本质是动态更新 base 的 RR 轮询调度，这个 base 的值置为对用线程的值时，那么这个线程即可始终得到最高优先级的授权。base 队列深度和 ME 线程数目相同，用来存储每个线程的线程号，每个线程号对应一个 base 值。

步骤 602，将所有线程的 base 值分为 4 个组（group）存储，按四组完成最终的调度；

10 新包按 0-3 顺序顺次写入到四组，当前 group 已满，则写入下一 group；授权调度时，四个 group 分别给出各自组内的调度结果，再按 0-3 的顺序从四组内给出最终的授权。

步骤 603，新包对应的 base 值写入到某个 group 时，该线程对应的标记位（bitmap）位置有效，包处理完毕时，该线程的 bitmap 位置无效；

15 图 7 为本发明实施例 3 中指令调度模块的结构示意图，如图 7 所示，group 内部的每个线程有对应的 bitmap 标记位，用来标记组内存储的线程是否正在被执行。新包 base 值写入 group 时，该标记位置 1，表示该线程在执行中；包处理完毕时，该线程对应的 bitmap 标记位置为 0，表示该线程已经处理完毕，不再参与指令调度。group 每周查看队列排头 base 值对应的
20 bitmap 标记位，当标记位为 0 时，就将队列中排头的 base 值读出，base 值对应的线程不再参与指令调度；同时将下一个 base 值读出到排头位置，对应的线程以最高优先级参与指令调度。

步骤 604，队列按先入先出顺序，将 base 值输出给 RR 调度模块，实现动态更新 base 的 RR 轮询调度；

25 在这里，在队列排头位置的线程即享受最高优先级的指令调度，而 base

值的写入顺序是按照进包顺序写入的，因此，lru 调度策略就实现了先进入 ME 的报文优先执行完指令的设计。

步骤 605，某个线程处理完毕，读出该线程的 base 值，下一个 base 值读出到排头位置，对应的线程以最高优先级参与指令调度。这样就实现了按照 LRU 算法（Least Recently Used）完成线程级指令调度，保证先进入 ME 的报文优先执行完指令的设计。

本发明上述实施例提供了微引擎指令调度方案，ME 通过指令调度装置完成多线程的指令取指及指令调度，根据所有线程执行情况，提前产生各自的取指 PC，并从 cache 中取得相应线程的指令，加载到内部的缓存，同时管理每个线程的指令调度，按照 LRU 算法完成线程级指令调度，从缓存中将指令发射给 pipeline，保证先进入 ME 的报文优先执行完指令；从硬件结构上有效避免了 ME 取指空拍的问题，有效地提高 ME 工作性能；同时保证进入 ME 的报文能顺序的被执行完毕，提高了网络处理器的整体性能，并且方案实现相对简单，易实现。

上述各单元可以由电子设备中的中央处理器（Central Processing Unit, CPU）、数字信号处理器（Digital Signal Processor, DSP）或可编程逻辑阵列（Field-Programmable Gate Array, FPGA）实现。

本领域内的技术人员应明白，本发明的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此，本发明可采用硬件实施例、软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且，本发明可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质（包括但不限于磁盘存储器和光学存储器等）上实施的计算机程序产品的形式。

本发明是参照根据本发明实施例的方法、设备（系统）、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和

/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器，使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中，使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品，该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上，使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理，从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

以上所述，仅为本实用新型的较佳实施例而已，并非用于限定本实用新型的保护范围。

权利要求书

1、一种指令调度方法，该方法包括：

预取并缓存各线程预设数量的指令；

根据线程状态及所述缓存的预取指令进行指令调度。

5 2、根据权利要求1所述的方法，其中，所述预取指令，包括：

向指令缓存模块发送取指请求，所述取指请求至少携带取指地址；

接收来自指令缓存模块的响应消息，确定所述响应消息携带取指成功信息和指令内容时，获取所述指令内容以进行本地缓存；确定所述响应消息携带取指失败信息和取指地址时，将所述取指地址重新加入取指队列，

10 根据调度重新取指。

3、根据权利要求2所述的方法，其中，所述取指地址包括以下一种或多种：新包取指地址、分支取指地址、重新取指地址和顺序取指地址。

4、根据权利要求1所述的方法，其中，该方法还包括：

15 确定线程缓存的指令数量不大于预设值时，启动新一轮对所述线程的指令预取，即预取并缓存所述线程预设数量的指令。

5、根据权利要求1至4任一项所述的方法，其中，线程状态包括：初始状态、等待状态和准备状态；

所述根据线程状态及所述缓存的预取指令进行指令调度，包括：

20 根据近期最少使用算法LRU及线程的进包先后顺序，对线程状态为准备状态的线程进行调度。

6、一种指令调度装置，该装置包括：取指模块、指令寄存器模块、控制状态机模块和指令调度模块；其中，

所述取指模块，配置为预取各线程的指令；

所述指令寄存器模块，配置为缓存预取的各线程预设数量的指令；

25 所述控制状态机模块，配置为进行线程状态控制；

所述指令调度模块，配置为根据控制状态机模块提供的线程状态及指令寄存器模块缓存的预取指令进行指令调度。

7、根据权利要求 6 所述的装置，其中，

所述取指模块，配置为向指令缓存模块发送取指请求，所述取指请求
5 至少携带取指地址；接收来自指令缓存模块的响应消息，所述响应消息携带取指失败信息和取指地址，将所述取指地址重新加入取指队列，根据调度重新取指；

所述控制状态机模块，配置为接收来自指令缓存模块的响应消息，所述响应消息携带取指成功信息和指令内容，之后，获取所述指令内容并发送
10 送至指令寄存器模块进行缓存。

8、根据权利要求 6 所述的装置，其中，

所述控制状态机模块，配置为判断指令寄存器模块缓存的线程的指令数量是否不大于预设值；

所述取指模块，配置为在控制状态机模块确定线程的指令数量不大于
15 预设值时，启动新一轮对所述线程的指令预取。

9、根据权利要求 6 至 8 任一项所述的装置，其中，

所述指令调度模块，配置为根据 LRU 对线程状态为准备状态的线程进行调度。

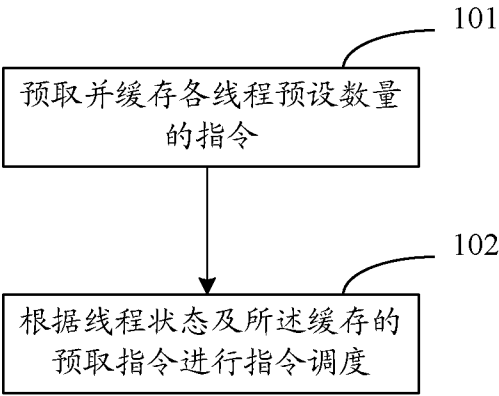


图 1

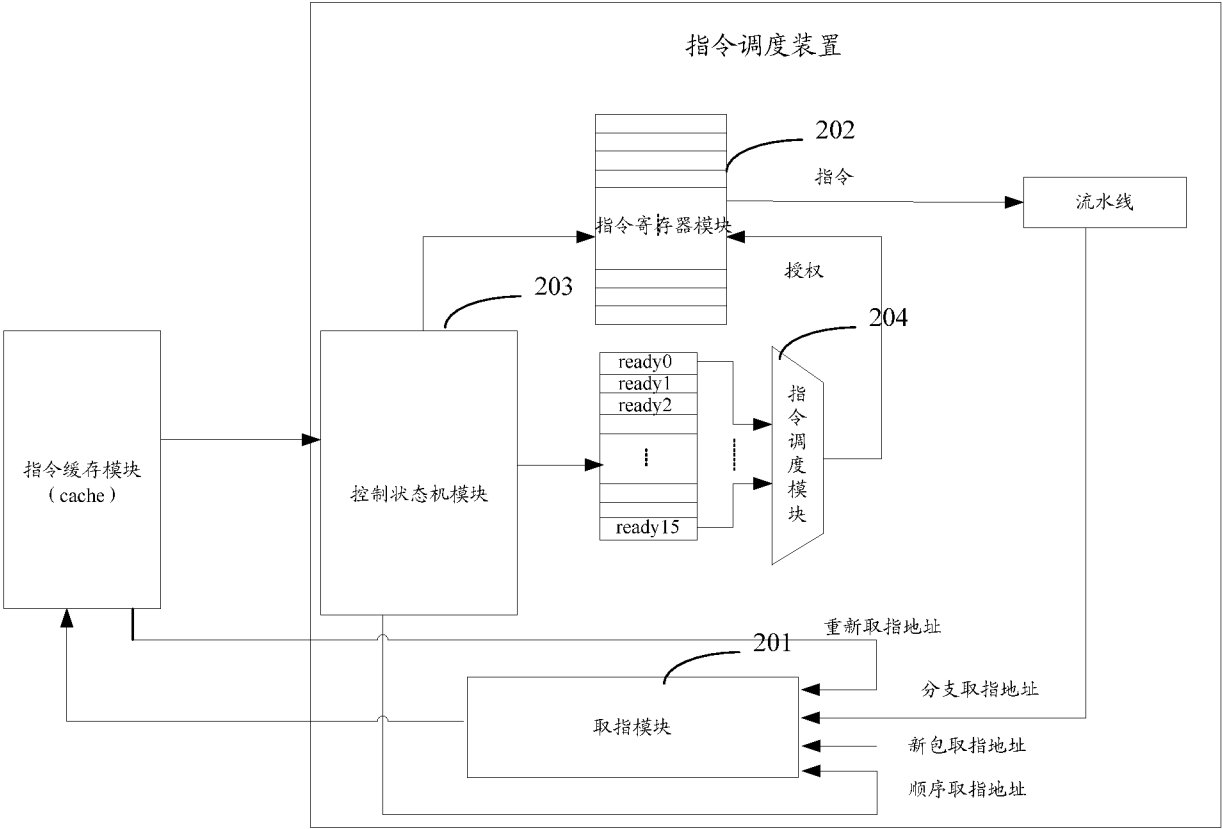


图 2

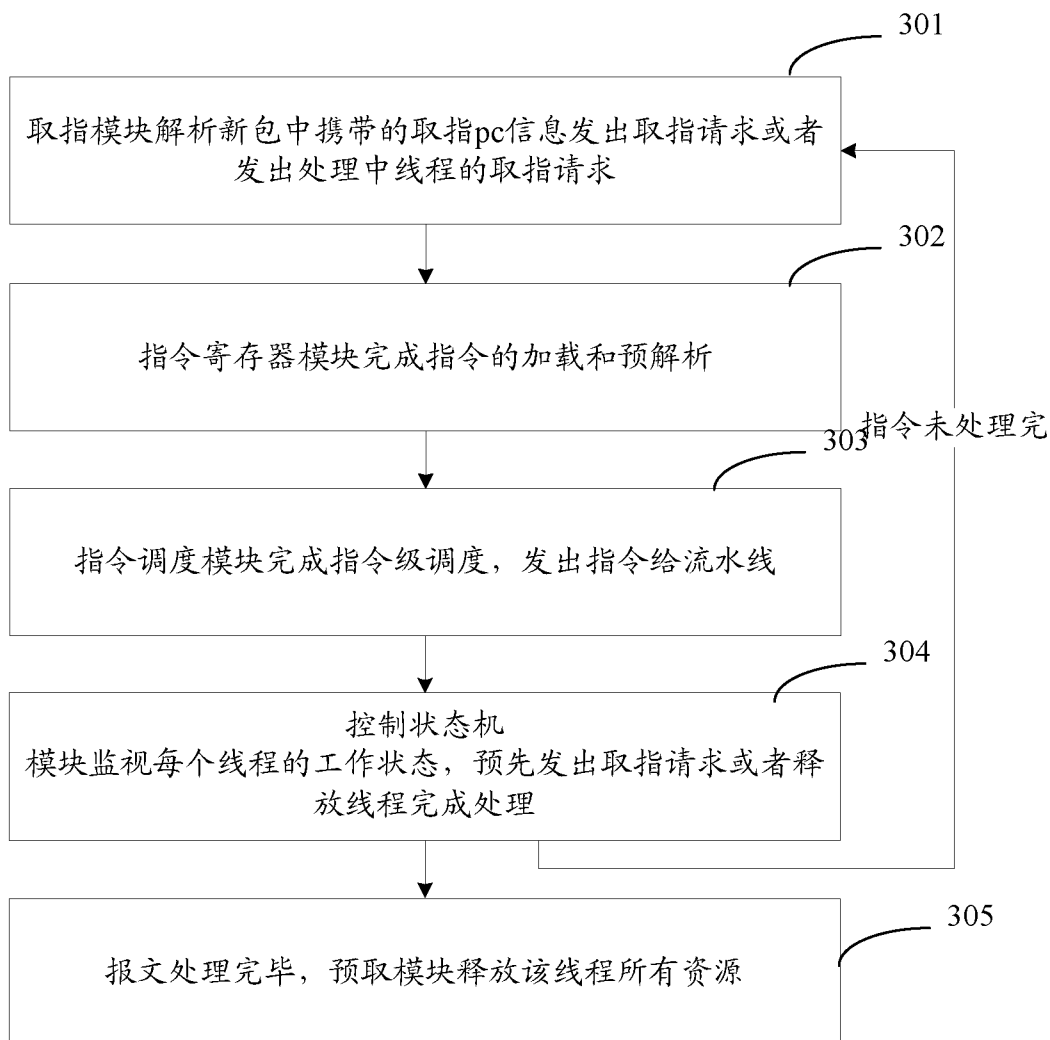


图 3

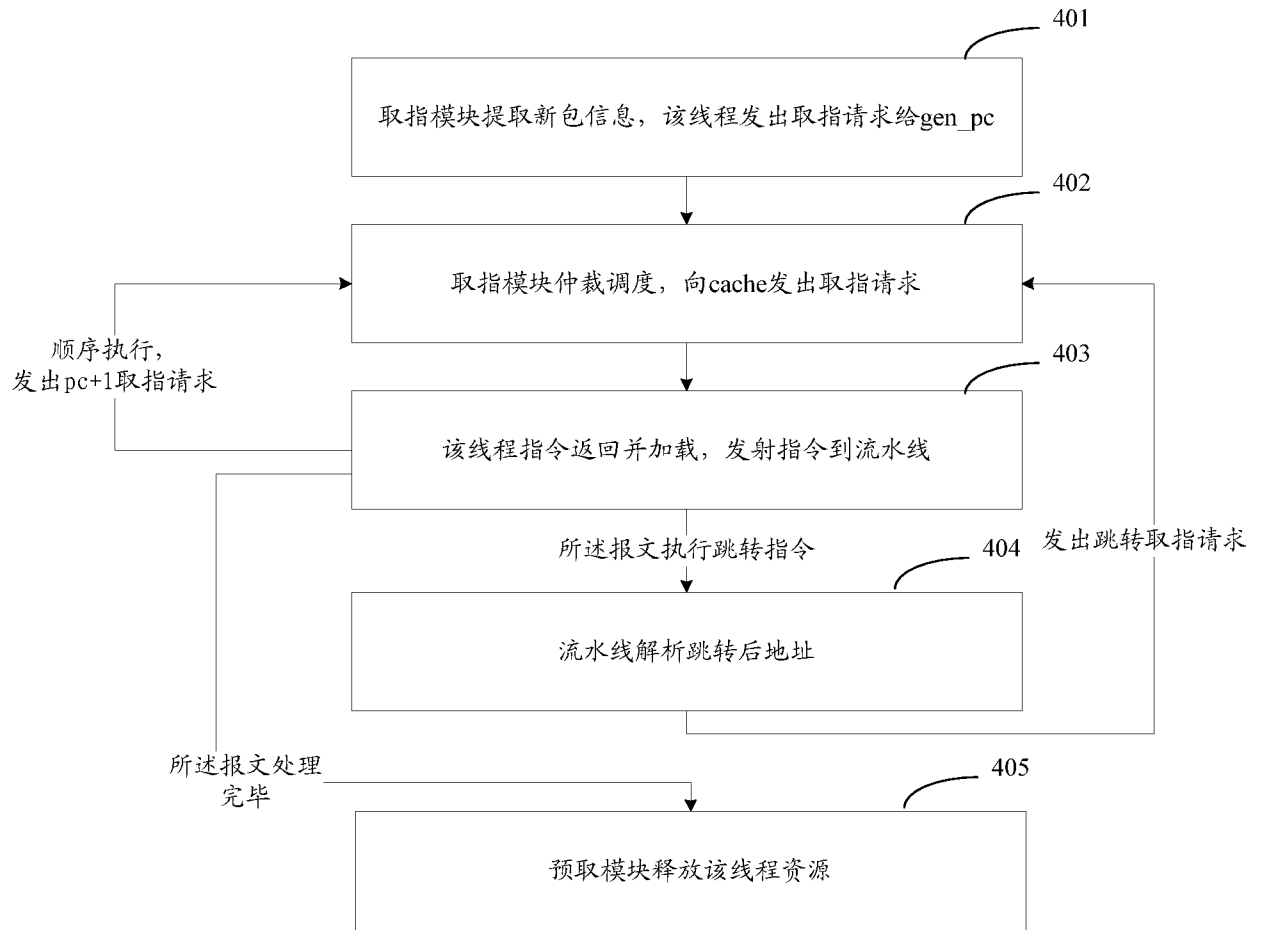


图 4

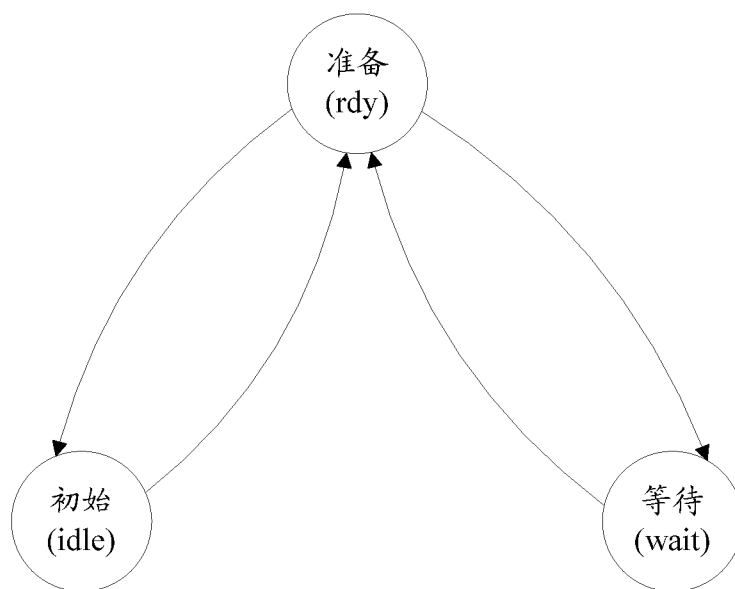


图 5

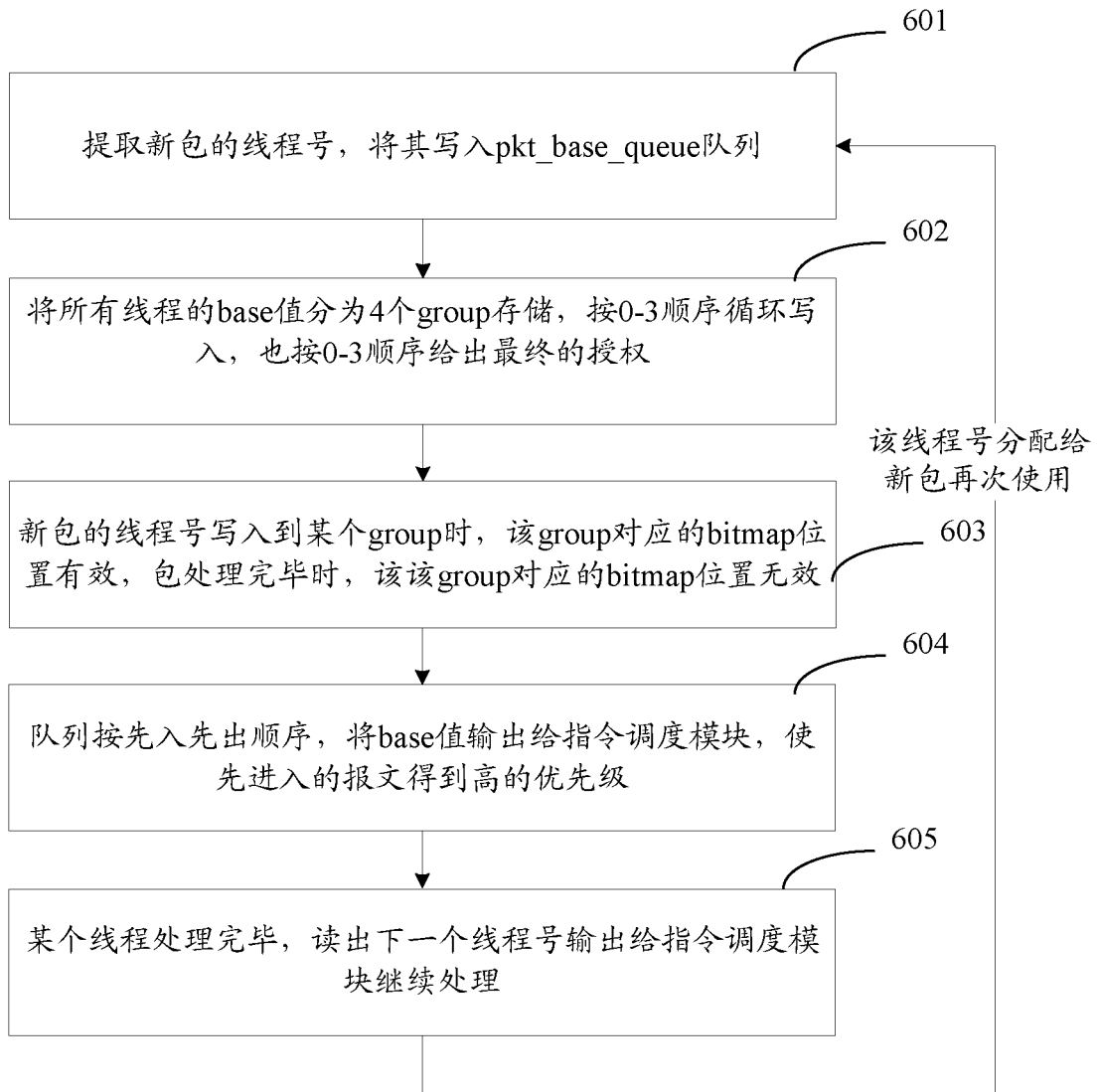


图 6

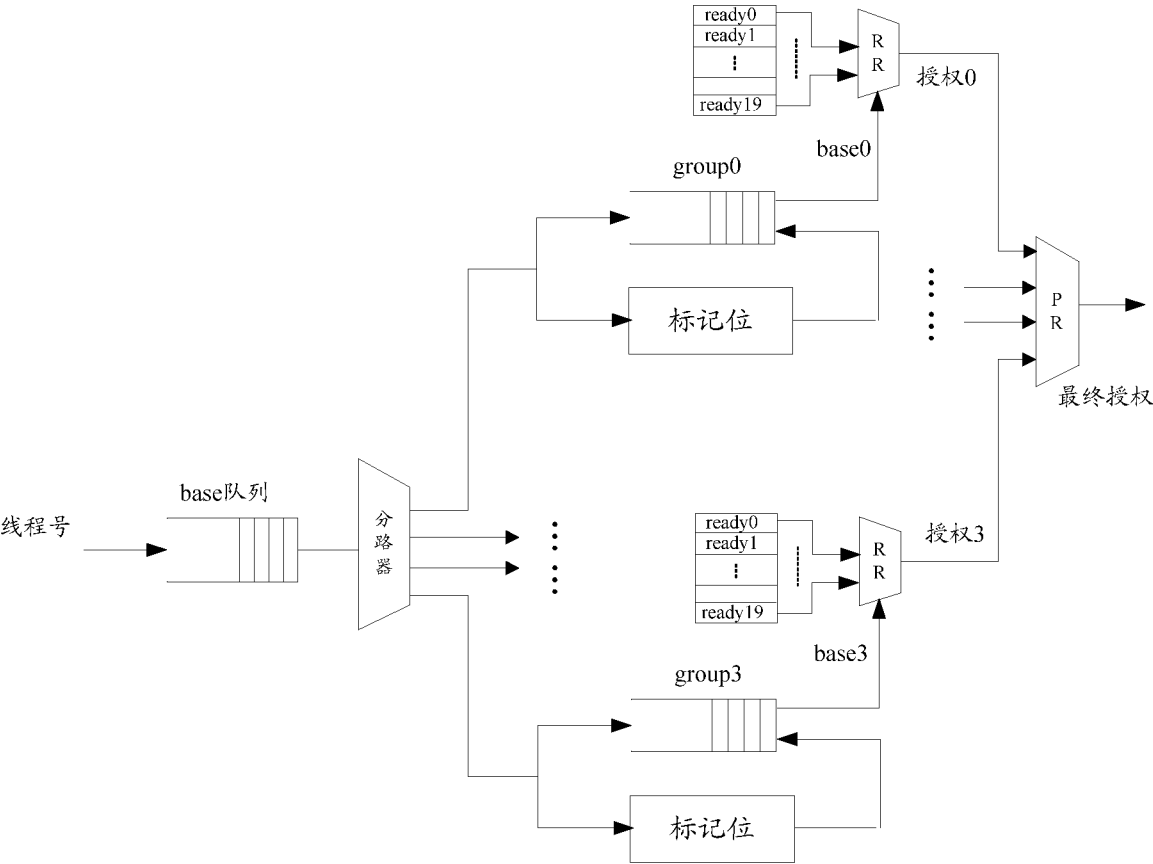


图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2015/090154**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

G06F 9/38 (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)

G06F

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

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

DWPI, SIPOABS, CPRSABS, CNABS, CNTXT, CNKI: set, thread, instruction, preset, amount, state, buffer

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 1364261 A (INTEL CORPORATION), 14 August 2002 (14.08.2002), description, pages 8-11	1, 4-6, 8, 9
A	CN 102567117 A (INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORP.), 11 July 2012 (11.07.2012), the whole document	1-9

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

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 27 October 2015 (27.10.2015)	Date of mailing of the international search report 24 November 2015 (24.11.2015)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer DU, Yi Telephone No.: (86-10) 62411635

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2015/090154

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 1364261 A	14 August 2002	HK 1042363 A1 IL 146159 A BR 0010602 B1 US 2003023835 A1 DE 60032481 D1 US 6535905 B1 US 6971104 B2 CN 1196060 C US 6850961 B2 IL 146159 D0 US 2003023658 A1 BR 0010602 A EP 1185924 A2 US 6865740 B2 WO 0067113 A3 US 2003023659 A1 WO 0067113 A2 US 6795845 B2 US 2003018685 A1 US 2003018686 A1 CN 100399263 C DE 60032481 T2 US 6981261 B2 TW 476915 B US 2003018687 A1 EP 1185924 B1 CN 1645317 A AU 4480200 A US 6785890 B2 US 6854118 B2 US 2003023834 A1 IN 203890 B IN 2001101337 P3 CN 102567117 B US 2012084790 A1 US 8656408 B2	27 July 2007 10 December 2006 11 December 2012 30 January 2003 01 February 2007 18 March 2003 29 November 2005 06 April 2005 01 February 2005 25 July 2002 30 January 2003 11 January 2005 13 March 2002 08 March 2005 07 September 2001 30 January 2003 09 November 2000 21 September 2004 23 January 2003 23 January 2003 02 July 2008 27 September 2007 27 December 2005 21 February 2002 23 January 2003 20 December 2006 27 July 2005 17 November 2000 31 August 2004 08 February 2005 30 January 2003 18 May 2007 17 June 2005 15 April 2015 05 April 2012 18 February 2014
CN 102567117 A	11 July 2012		

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2015/090154

A. 主题的分类

G06F 9/38(2006.01) i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G06F

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

DWPI, SIPOABS, CPRSABS, CNABS, CNTXT, CNKI:线程, 指令, 预设, 预置, 设定, 数量, 状态, 缓存, thread, instruction, preset, amount, state, buffer

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 1364261 A (英特尔公司) 2002年 8月 14日 (2002 - 08 - 14) 说明书第8-11页	1, 4-6, 8, 9
A	CN 102567117 A (国际商业机器公司) 2012年 7月 11日 (2012 - 07 - 11) 全文	1-9

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2015年 10月 27日

国际检索报告邮寄日期

2015年 11月 24日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)
北京市海淀区蓟门桥西土城路6号
100088 中国

传真号 (86-10)62019451

授权官员

杜轶

电话号码 (86-10)62411635

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2015/090154

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	1364261	A	2002年 8月 14日	HK	1042363	A1	2007年 7月 27日
				IL	146159	A	2006年 12月 10日
				BR	0010602	B1	2012年 12月 11日
				US	2003023835	A1	2003年 1月 30日
				DE	60032481	D1	2007年 2月 1日
				US	6535905	B1	2003年 3月 18日
				US	6971104	B2	2005年 11月 29日
				CN	1196060	C	2005年 4月 6日
				US	6850961	B2	2005年 2月 1日
				IL	146159	D0	2002年 7月 25日
				US	2003023658	A1	2003年 1月 30日
				BR	0010602	A	2005年 1月 11日
				EP	1185924	A2	2002年 3月 13日
				US	6865740	B2	2005年 3月 8日
				WO	0067113	A3	2001年 9月 7日
				US	2003023659	A1	2003年 1月 30日
				WO	0067113	A2	2000年 11月 9日
				US	6795845	B2	2004年 9月 21日
				US	2003018685	A1	2003年 1月 23日
				US	2003018686	A1	2003年 1月 23日
				CN	100399263	C	2008年 7月 2日
				DE	60032481	T2	2007年 9月 27日
				US	6981261	B2	2005年 12月 27日
				TW	476915	B	2002年 2月 21日
				US	2003018687	A1	2003年 1月 23日
				EP	1185924	B1	2006年 12月 20日
				CN	1645317	A	2005年 7月 27日
				AU	4480200	A	2000年 11月 17日
				US	6785890	B2	2004年 8月 31日
				US	6854118	B2	2005年 2月 8日
				US	2003023834	A1	2003年 1月 30日
				IN	203890	B	2007年 5月 18日
				IN	2001101337	P3	2005年 6月 17日
CN	102567117	A	2012年 7月 11日	CN	102567117	B	2015年 4月 15日
				US	2012084790	A1	2012年 4月 5日
				US	8656408	B2	2014年 2月 18日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)