

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102595550 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 18

(21) 申请号 201210034979. 5

H04W 40/22 (2009. 01)

(22) 申请日 2012. 02. 16

(71) 申请人 河海大学常州校区

地址 213022 江苏省常州市新北区晋陵北路
200 号

(72) 发明人 韩光洁 董玉慧 朱川 张娜
郭惠 巢佳 张晨语

(74) 专利代理机构 南京纵横知识产权代理有限
公司 32224

代理人 董建林

(51) Int. Cl.

H04W 40/08 (2009. 01)

H04W 40/10 (2009. 01)

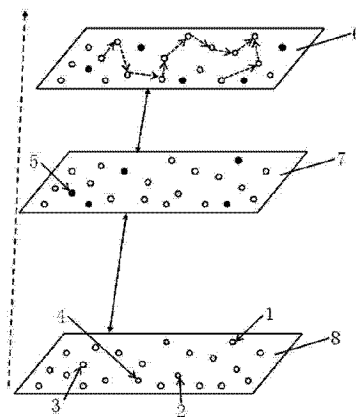
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 3 页

(54) 发明名称

基于跨层优化的自适应无线传感器网络路由方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于跨层优化的自适应无线传感器网络路由方法,物理层采用能量补充与功率控制机制将无线传感器网络中的无线传感器节点的能量信息与发射功率参数传递给 MAC 层;MAC 层利用物理层传递的信息进行睡眠调度,调控网络连通性与睡眠率;网络层适应以上各层的参数变化采用两跳贪婪路进行路由选择。该方法利用网络各个层次参数信息的交互达到延长网络寿命、提高数据传输可靠性与实时性的整体优化目标;在综合考虑网络体系结构中物理层能量补充与功率控制技术、MAC 层睡眠调度与网络层路由的基础上,提出了适用于无线传感器网络的跨层设计架构,以便于更好地描述各层之间的交互作用。最终有效地提高了无线传感器网络的整体性能。



1. 一种基于跨层优化的自适应无线传感器网络路由方法,其特征在于,包含以下步骤:

(1) 物理层采用能量补充与功率控制机制将无线传感器网络中的无线传感器节点的能量信息与发射功率参数传递给 MAC 层,能量补充与功率控制机制为:无线传感器节点通过带有的补充能量的能量收集装置为自身充电,并根据自身能量状况调整其发射功率;

(2) MAC 层利用物理层传递的信息进行睡眠调度,调控网络连通性与睡眠率,睡眠调度方法为:传感器节点根据自身能量状况协同进行周期性活跃与睡眠的状态切换;

(3) 网络层适应以上各层的参数变化采用两跳贪婪路由进行路由选择。

2. 根据权利要求 1 所述的基于跨层优化的自适应无线传感器网络路由方法,其特征在于,所述能量收集装置采用太阳能取电、温差取电或依赖机械运动产生电能为所述无线传感器节点补充能量。

3. 根据权利要求 1 所述的基于跨层优化的自适应无线传感器网络路由方法,其特征在于:所述的网络层两跳贪婪路由包括路由发现和路由优化两个阶段,路由发现查找由源节点到基站的路径,路由优化则对所查找到的路径进行优化,消除环路,使所得路径达到最短。

4. 根据权利要求 1 所述的基于跨层优化的自适应无线传感器网络路由方法,其特征在于:所述无线传感器节点具有多个不同发射功率级别,每个节点周期性获取其自身能量状况,如果某节点当前能量水平高于设定值时,则增大自身发射功率,并调节网络拓扑结构。

5. 根据权利要求 1 所述的基于跨层优化的自适应无线传感器网络路由方法,其特征在于:所述的 MAC 层睡眠调度过程为,根据当前节点及其一跳、两跳邻节点的剩余能量、能量收集速率与能量消耗速率计算得到当前能量水平,如果当前能量水平低于设定值时,则该节点进入睡眠状态,否则保持活跃状态。

6. 根据权利要求 1 或 3 所述的基于跨层优化的自适应无线传感器网络路由方法,其特征在于:网络层采用不同转发标准的两跳贪婪路由来进行数据传输路由的度量与选择,其采用的转发数据的转发标准为以下任一标准:

标准 1:选择距离目的节点最近的节点转发;

标准 2:选择到达目的节点最短距离的节点进行转发;

标准 3:根据节点间的距离、节点能量因素的加权计算,选择使得计算的转发效果最佳的节点进行转发。

7. 根据权利要求 3 所述的基于跨层优化的自适应无线传感器网络路由方法,其特征在于:所述路由发现阶段查找由源节点到基站的路径,其步骤包括:

步骤 a. 检查当前节点是否存在处于活跃状态的一跳邻居节点:若不存在,则由当前节点发送非确认帧,并把当前节点标记为断点,然后回退到当前节点的上一跳节点处,重复步骤 1;若存在,判断基站是否在当前节点一跳范围内,若在一跳范围内,则直接建立路径,否则转入步骤 2;

步骤 b. 判断基站是否在当前节点的两跳范围内,若在两跳范围内,则当前节点从其一跳邻居节点中根据所述转发标准选择下一跳节点作为中间转发节点;若不在当前节点的两跳范围内,则转入步骤 3;

步骤 c. 判断当前节点是否存在处于活跃状态的一跳、两跳邻居节点:若存在,则从其

一跳、两跳邻居节点选择距离基站最近的一跳或两跳邻居节点作为转发节点；若选择的转发节点为一跳节点，直接转发；若选择的转发节点为两跳节点，则需从其一跳邻居节点中根据所述转发标准选择下一跳节点的转发节点，以该转发节点为当前节点重复步骤 1。

8. 根据权利要求 7 所述的基于跨层优化的自适应无线传感器网络路由方法，其特征在于：所述路由发现阶段查找由源节点到基站的路径后，由所述路由优化阶段对该路径进行优化，其步骤包括：

步骤 d. 给路由发现阶段查找的路径中每个节点依次分配一个递减的标签号；

步骤 e. 由基站通过此未优化的路径反向发送确认帧至源节点，此过程中执行基于标签的路由优化过程：路径中任意节点只能将确认帧转发给与自身具有相同路径号和具有最大标签号的节点，消除路由环路，组成由源节点到基站的最短路径作为优化后的路径，并清除未选中的节点上的标签号和路径序号。

基于跨层优化的自适应无线传感器网络路由方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种无线传感器网络路由方法,特别是涉及一种基于跨层优化的自适应无线传感器网络路由方法,属于无线传感器网络技术领域。

背景技术

[0002] 随着微机电技术、传感器技术、通信技术、嵌入式计算技术、分布式信息处理技术和网络技术的发展,易分布、低功耗的无线传感器网 (Wireless Sensor Networks, WSNs) 研究在世界范围内越来越受到重视,在工业控制、环境检测、医疗监护、交通运输、抢险救灾等诸多领域有着广阔的应用前景。无线自组传感器网络通常由大量具有信息采集、数据处理和转发路由功能的节点组成,通过无线多跳通信方式形成无线自组传感网络系统,其具有易部署、自组织、监测精度高、容错性高、覆盖区域大、可远程监控等优点。缺点是,能量受限、资源受限、拓扑变化频繁等,无线传感器网络面临着独特的技术挑战。传统的路由方法不能适应 WSNs,如传统的最短路径准则设计无线多跳网络的路由协议没有考虑到其下层物理信道特性的变化对 MAC 层接入性能的影响等因素,造成所选路径无法适应底层性能的变化,即传输延时、吞吐量和可靠性等性能无法达到理想的指标,因此,必须设计与之相应的简单、有效的路由方法。即在设计优化的路由方法时,不仅要考虑网络层的相关参数,而且应该考虑其它层的相关参数,如网络层可以把物理层的能量信息等参数作为路由选择的判断依据,从而使网络各层共享与其它层相关的信息,对无线网络进行整体优化设计。

[0003] 由于无线传感器网络内外环境的动态变化,如拓扑结构变化、剩余能量改变等因素,无线传感器网络的路由方法必须能够自适应网络环境。因为拓扑控制、能量管理、低功耗设计等在各层设计中都有所体现,但要使整个网络数据传输、寿命达到最优,还需设计出能够适应各层参数动态变化的跨层优化路由方法。

发明内容

[0004] 本发明的主要目的在于,克服现有的无线传感器网络的路由方法存在的缺陷,而提供一种新型的基于跨层优化的自适应无线传感器网络路由方法,所要解决的技术问题是使其适应各层参数动态变化,更优化无线传感器网络的设计以及数据的传输,使整个网络数据传输、寿命达到最优,从而更加适于实用,且具有产业上的利用价值。

[0005] 本发明解决上述问题的技术方案是:将拓扑控制机制、睡眠调度机制与网络层数据传输相结合,提出了一种结合了物理层、MAC 层和网络层的跨层优化路由方法 TPGFP1us,来解决无线传感器网络中能量受限与数据传输的可靠性、实时性问题。在无线传感器网络中,首先将物理层的发射功率、能量状况等参数信息传递到 MAC 层,MAC 层利用这些信息进行睡眠调度,从而调控网络连通性与睡眠率。然后,网络层适应以上各层的参数变化进行路由选择。所述无线传感器网络包括基站和多个无线传感器普通节点,所有节点都是随机分布且静止不动的,除基站具有充足的能量外所有普通节点能量均有限,所述普通节点都带有能量收集装置用以补充自身能量且其无线发射功率可控。

[0006] 跨层优化路由方法具体实施过程包含以下步骤：

(1) 物理层采用能量补充与功率控制机制将无线传感器网络中的无线传感器节点的能量信息与发射功率参数传递给 MAC 层, 能量补充与功率控制机制为: 无线传感器节点通过带有的补充能量的能量收集装置为自身充电, 并根据自身能量状况调整其发射功率;

(2) MAC 层利用物理层传递的信息进行睡眠调度, 调控网络连通性与睡眠率, 睡眠调度方法为: 传感器节点根据自身能量状况协同进行周期性活跃与睡眠的状态切换;

(3) 网络层适应以上各层的参数变化采用两跳贪婪路进行路由选择。

[0007] 所述能量收集装置采用太阳能取电、温差取电或依赖机械运动引发能量转换技术产生电能为所述无线传感器补充能量。每个节点都有一个唯一的网络地址, 每个节点可以获取基站和自己的一跳、两跳邻居节点的位置信息, 以及一跳、两跳邻居节点的能量信息。如果某节点当前能量水平高于某一设定值 $E_{thres\ hold}$ 时, 可增大自身发射功率, 调节网络拓扑结构, 进而影响网络睡眠率与路由选择。

[0008] 根据能量信息, 节点占空比机制周期性地调节自身所处状态, 调整网络连通性与睡眠率。每个节点周期性地先唤醒, 进入活跃状态, 和邻居节点进行通信然后进行睡眠判断, 如果当前能量水平低于设定值时, 当前节点状态设为睡眠, 否则设为活跃, 直到下一周期的开始。低能量节点通过进入低功耗的睡眠状态, 可以为自身提供足够的时间进行能量补充, 同时也避免了因部分节点能量消耗殆尽而造成的网络漏洞, 保证数据的可靠性传输。在活跃状态下, 节点可能保持监听, 也可能发送数据。

[0009] 在以上各层参数动态变化的基础上, 网络层采用不同转发标准的两跳贪婪路由方法来进行数据传输路由的度量与选择, 其采用的转发数据的转发标准为以下三个标准之一:

标准 1: 选择距离目的节点最近的节点转发;

标准 2: 选择到达目的节点最短距离的节点进行转发;

标准 3: 根据节点间的距离、节点能量等因素的加权计算, 选择使得转发效果最佳的节点进行转发。

[0010] 所述的网络层两跳贪婪路由的具体路由过程包括路由发现和路由优化两个阶段, 所述路由发现阶段查找由源节点到基站的路径, 其步骤包括:

步骤 a. 检查当前节点是否存在处于活跃状态的一跳邻居节点: 若不存在, 则由当前节点发送非确认帧, 并把当前节点标记为断点, 然后回退到当前节点的上一跳节点处, 重复步骤 1; 若存在, 判断基站是否在当前节点一跳范围内, 若在一跳范围内, 则直接建立路径, 否则转入步骤 2;

步骤 b. 判断基站是否在当前节点的两跳范围内, 若在两跳范围内, 则当前节点从其一跳邻居节点中根据所述转发标准选择下一跳节点作为中间转发节点; 若不在当前节点的两跳范围内, 则转入步骤 3;

步骤 c. 判断当前节点是否存在处于活跃状态的一跳、两跳邻居节点: 若存在, 则从其一跳、两跳邻居节点选择距离基站最近的一跳或两跳邻居节点作为转发节点; 若选择的转发节点为一跳节点, 直接转发; 若选择的转发节点为两跳节点, 则需从其一跳邻居节点中根据所述转发标准选择下一跳节点的转发节点; 以转发节点为当前节点重复步骤 1。

[0011] 优选的,所述路由发现阶段查找由源节点到基站的路径后,所述路由优化阶段对该路径进行优化,其步骤包括:

步骤 d. 给该路径中每个节点依次分配一个递减的标签号;

步骤 e. 由基站通过此未优化路径反向发送确认帧至源节点,此过程中执行基于标签的路由优化过程;路径中任意节点只能将确认帧转发给与自身具有相同路径号和具有最大标签号的节点,消除路由环路组成由源节点到基站的最短路径作为优化后的路径,并清除未选中的节点上的标签号和路径序号。

[0012] 优选的,所述两跳多路径路由方法还包括重复阶段,所述重复阶段重复所述路由发现阶段和路由优化阶段,从而从未选中节点上查找其他由源节点到基站的路径。通过重复进行以上路由发现阶段和路由优化阶段,即可发现多条不相交的优化路径。数据包沿此优化路径传输。

[0013] 本发明所达到的有益效果是:无线传感器网络传统的分层设计有一定的局限性,各层的优化设计并不能保证整个网络的设计最优。为了避免传统的分层协议栈的弊端,本发明从整体角度出发,提出了简单有效的基于跨层优化的路由方法,综合考虑网络体系结构中物理层能量补充与功率控制技术、MAC 层睡眠调度与网络层两跳贪婪路由,解决了无线传感器网络能量管理与数据传输的可靠性与实时性问题,并在此基础上,提出了适用于无线传感器网络的跨层设计架构,以便于更好地描述各层之间的交互作用。

附图说明

[0014] 图 1 为本发明的基于跨层优化的自适应无线传感器网络路由方法的设计架构图;
图 2 为本发明的基于跨层优化的自适应无线传感器网络路由方法的实例图;
图 3 为本发明的基于跨层优化的自适应无线传感器网络路由方法的路径优化实例图;
图 4 为本发明的基于跨层优化的自适应无线传感器网络路由方法的转发实例图。

具体实施方式

[0015] 下面结合附图对本发明作进一步描述。以下实施例仅用于更加清楚地说明本发明的技术方案,而不能以此来限制本发明的保护范围。

[0016] 如图 1 所示,本发明的基于跨层优化的自适应无线传感器网络路由方法的设计架构,简单描述了各层之间的参数传递与交互,第一层为对应传统分层协议中的物理层 8,第二层对应传统分层协议中的 MAC 层 7,第三层对应传统分层协议中的网络层 6。物理层 8、MAC 层 7、网络层 6 交互各自参数,物理层 8 将其能量信息与发射功率等参数传递给 MAC 层 7,为 MAC 睡眠调度机制提供判断依据。同时,MAC 层 7 也将对改变物理层 8 的能量信息。此外,MAC 层 7 的占空比睡眠机制将调整网络的连通性,为网络层 6 提供可选择的转发节点信息。同时,网络层 6 数据的传输所带来的能量消耗也将反作用于以节点能量信息为判决参数的 MAC 层的运行。无线传感器网络包括基站 1,多个无线传感器普通节点 2,源节点 3,高能量节点 4,所有节点都是随机分布且静止不动的,除基站 1 具有充足的能量外所有普通节点 2 能量均有限,普通节点 2 连接能量收集装置,能量收集装置用以补充自身能量且其无线发射功率可控,能量收集装置采用太阳能取电、温差取电或依赖机械运动引发能量转换技术产生电能为所述无线传感器补充能量。每个节点都有一个唯一的网络地址,每个节点

可以获取基站 1 和自己的一跳、两跳邻居节点的位置信息,以及一跳、两跳邻居节点的能量信息。如果某节点当前能量水平高于某一设定值时,可增大自身发射功率,调节网络拓扑结构,进而影响网络睡眠率与路由选择。根据能量信息,节点占空比机制周期性地调节自身所处状态,调整网络连通性与睡眠率。每个节点周期性地先唤醒,进入活跃状态,和邻居节点进行通信然后进行睡眠判断,如果当前能量水平低于设定值时,当前节点状态设为睡眠节点 5,否则设为活跃,直到下一周期的开始。低能量节点通过进入低功耗的睡眠状态,可以为自身提供足够的时间进行能量补充,同时也避免了因部分节点能量消耗殆尽而造成的网络漏洞,保证数据的可靠性传输。在活跃状态下,节点可能保持监听,也可能发送数据。

[0017] 如图 2 所示,以本发明的基于跨层优化的自适应无线传感器网络路由方法的实例图来说明本发明路由的建立过程。当节点 a 有数据包要发送到基站 BS,且节点 a 在基站 BS 的两跳范围之外。首先收集节点 a 能量信息,假设其发射功率范围为半径 TR1 所示的范围,以占空比机制调整整个网络节点的状态,能量过低的节点将进入睡眠,如图中黑色实心圆标记的节点进入睡眠;否则的话,保持活跃状态,如图中其他空心圆标记的节点;若发现部分节点能量水平较高,如节点 g,可扩大其发射功率至以半径 TR2 所示的范围。之后,节点 a 进行两跳贪婪路由,节点 a 通过比较其处于活动状态的所有一跳(如节点 b、c、d、e、f)与两跳邻居节点(如节点 g)距离基站 BS 的距离,若选择了距离基站 BS 最近的两跳节点 g 作为其下一跳,则需要按照所述转发标准之一选择一跳邻居节点 b 作为中间转发节点。

[0018] 如图 3、图 4 所示,为本发明的基于跨层优化的自适应无线传感器网络路由方法的路径优化实例图,给图 3 中路由发现阶段查找的由源节点到基站的路径中每个节点依次分配一个递减的标签号, -1, -2, ..., -12;由基站 BS1 通过此未优化路径反向发送确认帧至源节点 a1,路径中任意节点只能将确认帧转发给具有最大标签号的节点,消除路由环路,如图 4 所示,通过这种路由优化过程使源节点 a1 到基站 BS1 的路径最短。

[0019] 如图 5 所示,为本发明的基于跨层优化的自适应无线传感器网络路由方法的转发实例图。节点 a 可从其一跳活跃邻居节点 b、c、d 中选择可到达其两跳节点 g 的中间转发节点。其中,经由节点 c 使得从 a 到 g 之间距离最短;节点 d 距离 g 距离最近;节点 b 可满足距离与能量等因素的加权最优。根据具体应用环境需求,节点 a 选择不同的数据转发标准。

[0020] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例而已,并非对本发明作任何形式上的限制,虽然本发明已以较佳实施例揭露如上,然而并非用以限定本发明,任何熟悉本专业的技术人员,在不脱离本发明技术方案范围内,当可利用上述揭示的技术内容作出些许更动或修饰为等同变化的等效实施例,但凡是未脱离本发明技术方案的内容,依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化与修饰,均仍属于本发明技术方案的范围。

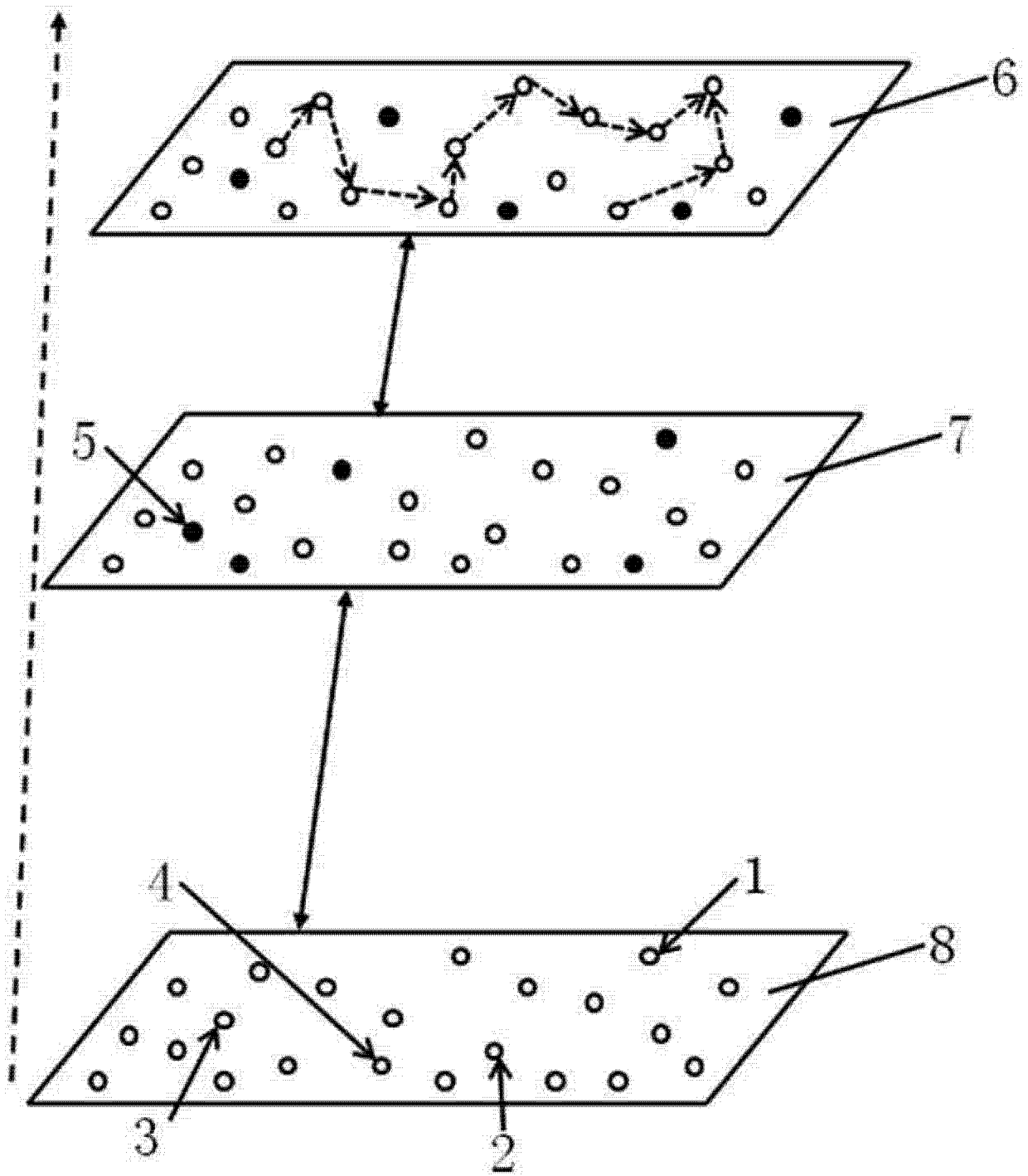


图 1

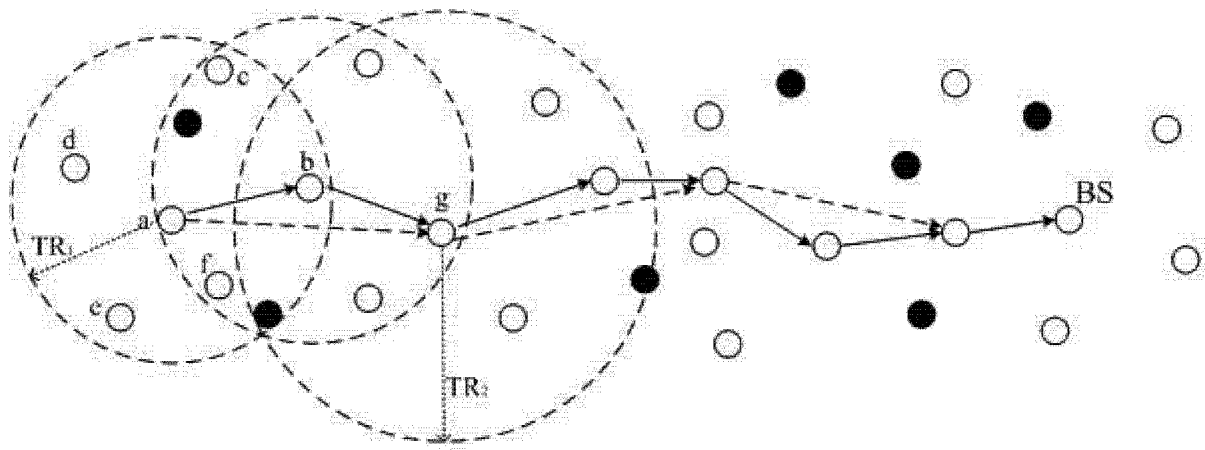


图 2

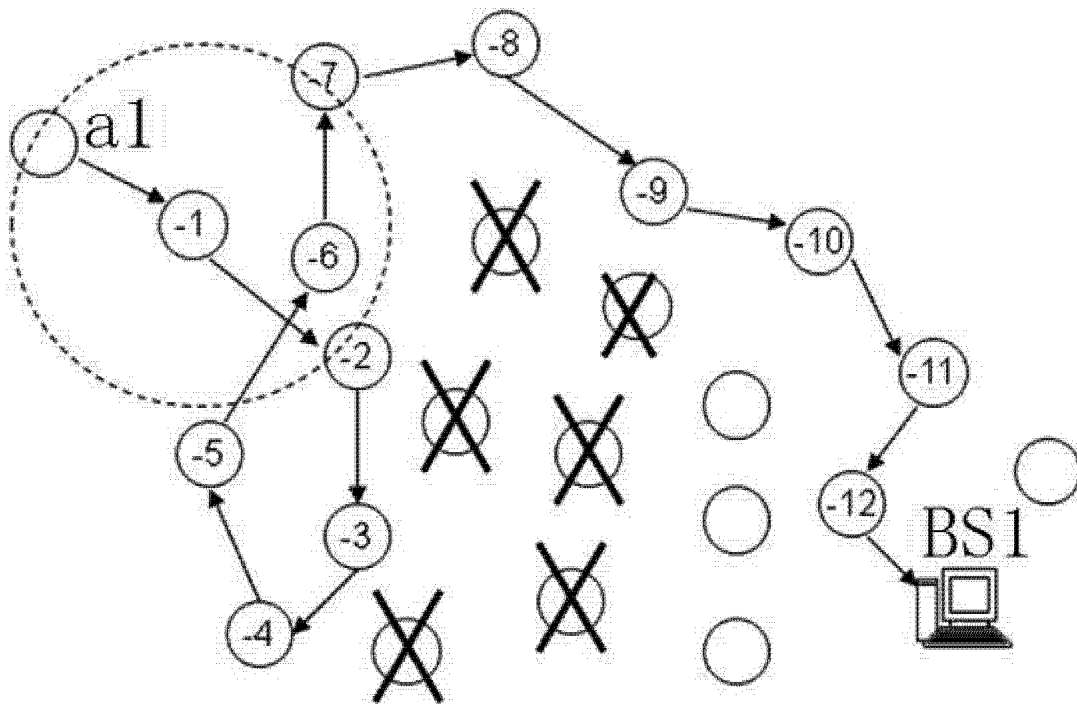


图 3

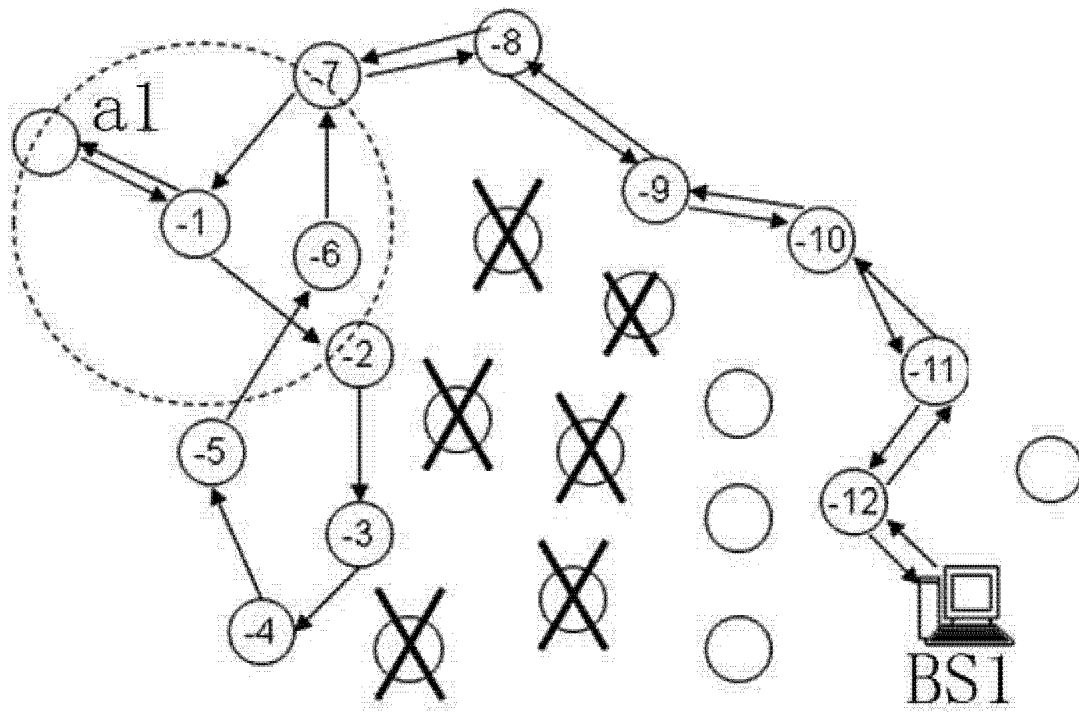


图 4