



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101971664 B

(45) 授权公告日 2015. 07. 22

(21) 申请号 200880128004. 0

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2008. 03. 11

H04W 28/08(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2010. 09. 13

(56) 对比文件

WO 2008/022059 A2, 2008. 02. 21,
US 2006/0064497 A1, 2006. 03. 23,
US 2005/0036487 A1, 2005. 02. 17,

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2008/003211 2008. 03. 11

审查员 王小千

(87) PCT国际申请的公布数据
W02009/113976 EN 2009. 09. 17

(73) 专利权人 汤姆森特许公司
地址 法国伊西莱穆利诺

(72) 发明人 刘航 罗琳 吴明全 李德凯

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105

代理人 吕晓章

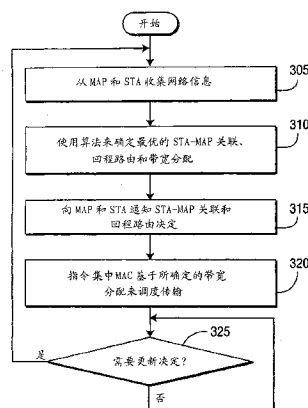
权利要求书1页 说明书13页 附图10页

(54) 发明名称

无线多跳网状网络中的联合的关联、路由和速率分配

(57) 摘要

描述了一种方法和装置,其包括:收集网络信息;基于所收集的网络信息来确定关联、带宽分配和路由方案;向网状接入点通知所述关联、带宽分配和路由方案;以及向客户端节点通知其关联信息。还描述了一种方法和装置,其包括:测量链路质量和信道状况;向控制器报告所述测量行动的结果;从控制器接收路由决定和数据转发指令;以及将所述路由决定和数据转发指令转发到客户端节点。进一步描述了一种方法和装置,其包括:测量链路质量和信道状况;向控制器报告所述测量行动的结果;从集中控制器接收关联指令;以及用所接收的关联指令更新先前存储的关联指令。



1. 一种通信方法,所述方法包括:

收集在网关的网络信息;

基于所述所收集的网络信息来在所述网关确定回程路由方案、关联和带宽分配,其中构造逻辑通信拓扑,并且其中网状接入点和客户端节点形成两级的无线城域网状通信网络,并且进一步地其中在所述逻辑通信拓扑内向所述客户端节点分配带宽,并且进一步地其中通过确定分配给每个所述客户端节点的最小速率和通过确定对每个所述客户端节点的最大吞吐量速率来分配所述带宽;

由所述网关向所述网状接入点通知所述关联、所述带宽分配和所述回程路由方案;

由所述网关向所述客户端节点通知所述关联,其中所述关联是所述客户端节点变为加入所述网状接入点所用的机制;以及

由所述网关向所述客户端节点通知对所述客户端节点的所述带宽分配。

2. 根据权利要求 1 的方法,进一步包括基于所述带宽分配而调度数据传输。

3. 根据权利要求 1 的方法,其中所述收集行动是经由集中式媒体访问控制协议和分布式媒体访问控制协议之一而实现的,并且其中所述方法由驻留于网关中的集中控制器执行。

4. 根据权利要求 2 的方法,其中所述调度行动是经由集中式媒体访问控制协议而实现的。

5. 根据权利要求 1 的方法,进一步包括接收更新后的网络信息。

6. 一种网关,其包括:

用于收集网络信息的部件;

用于基于所述所收集的网络信息来确定回程路由方案、关联和带宽分配的部件,其中构造逻辑通信拓扑,并且其中网状接入点和客户端节点形成两级的无线城域网状通信网络,并且进一步地其中在所述逻辑通信拓扑内向所述客户端节点分配带宽,并且进一步地其中通过确定分配给每个所述客户端节点的最小速率和通过确定每个所述客户端节点的最大吞吐量速率来分配所述带宽;

用于向所述网状接入点通知所述关联、所述带宽分配和所述回程路由方案的部件;

用于向所述客户端节点通知所述关联的部件,其中所述关联是所述客户端节点变为加入所述网状接入点所用的机制;以及

用于向所述客户端节点通知对所述客户端节点的所述带宽分配的部件。

7. 根据权利要求 6 的网关,进一步包括用于基于所述带宽分配而调度数据传输的部件。

8. 根据权利要求 6 的网关,其中所述用于收集的部件是使用集中式媒体访问控制协议和分布式媒体访问控制协议之一而实现的,并且其中包括驻留于网关中的集中控制器。

9. 根据权利要求 7 的网关,其中所述用于调度的部件是使用集中式媒体访问控制协议而实现的。

10. 根据权利要求 6 的网关,进一步包括用于接收更新后的网络信息的部件。

无线多跳网状网络中的联合的关联、路由和速率分配

技术领域

[0001] 本发明涉及无线城域 (municipal) 网状网络,并且具体地涉及用于以公平的方式提供联合的关联、路由和速率分配的方法和装置。

背景技术

[0002] 在多跳无线网络中,已经证明干扰对网络性能具有显著影响。在现有技术的一项研究中,使用假定干扰为“全有或全无 (all-or-nothing)”现象的协议模型、以及考虑干扰传输对信噪比的影响的物理模型来调查在两种干扰模型下的无线网络的吞吐量。现有技术的另一项研究考虑干扰对多跳无线网络性能的影响。它使用干扰图 (conflict graph) 来对无线干扰的影响建模,并且呈现了用于对于给定的网络和工作负荷计算最优吞吐量的上限和下限的方法。

[0003] 除了吞吐量之外,公平性也是无线网状网络中的重要方面。已经在无线网络中广泛地研究了公平性。现有技术的又一项研究证明了对于无线回程网络使用当前的 IEEE 802.11 媒体访问协议可能导致严重的不公平性并且甚至导致对于较远离网关的流的饥饿匮乏 (starvation)。据此,研究者开发了分布式层 2 公平性算法以实现在网状接入点 (MAP)-聚合粒度 (aggregategranularity) 的公平性。在另一项研究中,研究者提出用于最大化无线网络中的用户效用 (utility) 之和的调度方案,并且指出最大-最小公平性可以被实现为使用效用函数的特定选择的特殊情况。为了导出对最大-最小公平带宽分配的解,其他研究者使用具有数个简化假设的网络模型。例如,他们假设不共享节点的链路将永远不竞争信道访问。此外,只考虑了单跳流。其他现有技术研究了任意链路竞争图,但仍然只考虑了单跳流。在现有技术的又一项研究中,研究者关注于多跳无线局域网 (WLAN) 中的公平带宽分配。给定所确定的树结构,经由“泵出和吸入 (Pump-and-Drain)”操作来执行公平带宽分配。另外,研究者设计了构造树结构以改善吞吐量的算法。然而,现有技术研究都未联合地处理无线网状网络中的关联、路由和带宽/速率分配的问题。

[0004] 期望具有一种方法和装置,其联合地处理关联、路由和带宽/速率分配的问题以便向参与的站点分配最大可能带宽,同时以公平的方式(尽可能均匀地)分配带宽。

发明内容

[0005] 在无线城域网状 (muni-mesh) 网络中,关联机制(通过该关联机制,使客户端站点 (STA) 变为加入网状接入点 (MAP)) 和路由机制(通过该路由机制,确定中继回程的逻辑拓扑) 将 MAP 和 STA 组织为两级的通信结构。如这里所使用的,“/”表示相同或类似的组件或结构的可替换名称。即,如这里所使用的,“/”可被视作含义“或”。在本发明中,受到对由关联和回程路由所确定的通信结构影响作为结果的所分配的速率的观察的启发,而调查无线 muni-mesh 网络中的联合的关联、路由和带宽/速率分配的问题。使用捕捉专用于所述两层的 muni-mesh 网络的组件的干扰图来对无线干扰建模。最优化目标是最大化网络吞吐量并同时改善公平性。首先,以最大化吞吐量为目标而公式化线性规划 (LP) 问题。然而,

简单地将吞吐量最大化将导致对向 STA 分配的速率的严重偏差。为了实现吞吐量和公平性之间的良好权衡,考虑最大-最小公平性模型。提供了严密的公式从而以保证的最大最小速率分配来最大化网络吞吐量。在这里对于允许多 MAP 关联和多路径回程路由的情况来开发用于联合的关联、路由和速率分配的最优算法。然后考虑整体 (integral) 关联和单路径路由的约束。如果整体关联和单路径路由是必要的,则问题公式归为混合整体非线性规划,其一般性地为 NP 难 (NP-hard, nondeterministic polynomial (非确定型多项式)-hard) 的。为此,描述了将逻辑拓扑构造的问题和速率分配的问题解耦的方法。使用试探方法来构造两级的逻辑通信拓扑,然后在所确定的逻辑拓扑内向 STA 分配带宽。

[0006] 无线城域网状 (muni-mesh) 网络作为对于最后一英里宽带因特网接入的有前途的解决方案而出现。不像平坦型自组织 (flat ad hoc) 网络,网状网络具有层级架构,如图 1 中所示。上层 (也被称作中继层) 包括网状接入点 (MAP)。MAP 经由无线链路而互连以形成多跳回程,为客户端站点 (STA) 提供网络接入和数据转发。MAP 中的一些连接到有线因特网主干。这些 MAP 被称作网关。客户端节点 / STA (例如膝上型计算机、计算机、处理器、移动终端、个人数字助理 (PDA)、双模智能电话等) 形成下层 (也被称作接入层)。STA 将它们自身与附近的 MAP 关联以接入网络。STA 不参与分组中继和路由处理,即它不在意 (oblivious of) MAP 后面的回程拓扑。STA 以与其在单跳 WLAN 中相同的方式,简单地向其关联的 MAP 发送分组或从其关联的 MAP 接收分组。由 MAP 通过回程路由来操纵无线回程中的分组递送。一般地,中继层和接入层工作在正交的信道上以避免干扰。

[0007] 期望无线 muni-mesh 网络中的大部分数据流量是通过 MAP 和网关而介于 STA 和因特网之间的。需要通过接入链路 (接入层) 和多跳回程路径 (中继层) 而在带宽有限的无线信道上高效地递送这样的流量。另外,公平地向全部 STA 分配有限的带宽 (即控制 STA 可以向网状网络发送或从网状网络接收的流量) 是重要的,这是因为用户通常支付相同的统一费率来得到因特网接入。

[0008] 在本发明中,以最大化网络吞吐量和改善公平性为目标来调查无线网状网络中的联合的关联、路由和速率分配的问题。由于无线介质的共享特性,在共同邻域中的传输将彼此干扰,这使得速率分配问题与有线网络中的速率分配问题完全不同。在无线 muni-mesh 网络中,如果任何一对节点 (STA 和 MAP) 在彼此的直接传输范围中,则在它们之间存在链路。这里节点包括 STA 或 MAP。然而,被实际使用并承载数据 / 流量的 STA-MAP 和 MAP-MAP 链路的集合是由关联和回程路由确定的。因此,全部节点 (MAP 和 STA) 被组织为逻辑拓扑以进行通信。因为不同的逻辑拓扑由不同的链路集合组成并且具有不同的干扰样式,因此具体的逻辑拓扑确定在给定的速率分配策略下可以向 STA 分配多少带宽。期望分配给 STA 的总速率 / 带宽尽可能大,并且分配给每个 STA 的速率 / 带宽在公平性方面尽可能均匀。

[0009] 描述了一种方法和装置,其包括:收集网络信息;基于所收集的网络信息来确定关联、带宽分配和路由方案;向网状接入点通知所述关联、带宽分配和路由方案;以及向客户端节点通知其关联信息。还描述了一种方法和装置,其包括:测量链路质量和信道状况;向控制器报告所述测量行动的结果;从控制器接收路由决定和数据转发指令;以及将所述路由决定和数据转发指令转发到客户端节点。进一步描述了一种方法和装置,其包括:测量链路质量和信道状况;向控制器报告所述测量行动的结果;从集中控制器接收关联指令;以及用所接收的关联指令更新先前存储的关联指令。

附图说明

[0010] 在结合附图阅读时,从以下详细描述中最佳地理解本发明。所述附图包括下面简要描述的附图,其中图上的类似标号表示类似元件:

[0011] 图 1 为本发明所针对的网络的示意图。

[0012] 图 2a 为 3MAP 网络的示意图。

[0013] 图 2b 为图 2a 的 3MAP 网络的连通图。

[0014] 图 2c 为图 2b 的连通图的干扰图。

[0015] 图 3 为本发明的方法在网关中的示例实施例的流程图,其中网状网络具有集中控制器,并且网状网络使用集中式 MAC 协议。

[0016] 图 4 为对于 MAP(系统具有集中控制器并且使用集中式 MAC 协议)的本发明的方法的示例实施例的流程图。

[0017] 图 5 为对于 STA(系统具有集中控制器并且使用集中式 MAC 协议)的本发明的方法的示例实施例的流程图。

[0018] 图 6 为对于使用分布式 MAC 协议的集中控制器的本发明的方法的示例实施例的流程图。

[0019] 图 7 为对于 MAP(系统具有集中控制器并且使用分布式 MAC 协议)的本发明的方法的示例实施例的流程图。

[0020] 图 8 为对于 STA(系统具有集中控制器并且使用分布式 MAC 协议)的本发明的方法的示例实施例的流程图。

[0021] 图 9 为根据本发明的原理的网关的示例实施例的框图。

[0022] 图 10 为根据本发明的原理的 MAP 的示例实施例的框图。

[0023] 图 11 为根据本发明的原理的 STA 的示例实施例的框图。

具体实施方式

[0024] 参考图 1,图示了本发明中所考虑的网络系统。该网络系统包括三种元素:中继节点(RN)105(例如 MAP)、客户端 STA(终端设备)110、以及网关 115(基站)。中继节点可以具有多个物理无线电接口或被划分为多个逻辑接口的单个物理无线电接口。一个或多个物理或逻辑无线电接口是接入接口。其他接口是中继接口。接入接口用于供终端用户/客户端节点/STA 与一个或多个 MAP/RN 关联以接入网络,而中继接口用于构造用于在中继节点之间进行分组转发的主干多跳无线网络。一个或多个中继节点通过有线因特网回程接口 125 与有线基础设施 120 连接,作用为因特网网关或基站。客户端/终端设备/STA 110 不参与分组中继或路由处理,并且需要与一个或多个 MAP/RN 105 关联以获得对网络的接入。STA 110 仅仅向它们的关联的 MAP105 发送分组或从它们的关联的 MAP 105 接收分组。从源到目的地的其余分组递送由中继节点 105 使用路由协议来执行。在本发明的系统模型中,全部无线接口都是半双工的,即接口在给定时间只能发送或接收。

[0025] 期望基础设施多跳网络中的大多数流量是去向/来自有线网络或因特网的流量。在本发明中,关注于改善经由网关/基站进行客户端/STA 和外部有线因特网之间的通信的性能。为了保证回程的连通,全部 MAP 的中继接口都被调谐到公共信道。每个 MAP 支持两

种接口。MAP 的接入接口为与该 MAP 关联的 STA 提供网络接入,而 MAP 的中继接口用于构造在网关和与该 MAP 关联的 STA 之间中继数据 / 流量的回程以及在该回程上进行通信。注意,通过对干扰图的修改,同样可以将本发明的方法推广到多无线电多信道网络。在接入层中,重叠的蜂窝被调谐为在正交的信道上操作以避免蜂窝间干扰。中继接口和接入接口也在正交的信道上工作,使得接入层处的通信和中继层处的通信不彼此干扰。客户端设备 / STA 只需要支持用于接入的单个接口。用于该接口的工作信道由与该 STA 关联的 MAP 确定。假定每个节点以相同的固定的传输功率进行传输,即存在与每个节点相关联的固定的传输范围 T_r 和固定的干扰范围 I_r 。在网络中,只有 STA 生成数据 / 流量。MAP 在 STA 和网关之间中继分组。

[0026] 给定具有 M 个 MAP 和 N 个 STA 的网状网络,如下导出连通图 $G(V^+, E)$, 其中 $V^+ = V_a + V_s$ 。每个顶点 $a \in V_a$ 对应于网络中的 MAP。如果 $d(a_1, a_2) \leq T_r$ (其中 d 是 a_1 和 a_2 之间的欧几里德距离), 则边 (edge) $e = (a_1, a_2) \in E$ 对应于 $a_1 \in V_a$ 和 $a_2 \in V_a$ 之间的无线链路。每个顶点 $u \in V_s$ 是 STA。如果 $d(u, v) \leq T_r$ 且 $v \in V_a$ 是 MAP, 则存在 u 和 v 之间的边。边 (u, v) 对应于 STA u 和 MAP v 之间的无线链路。第二个条件意味着 STA 只与 MAP 通信。两个 STA 之间的直接通信是不允许的。即, STA 不在它们之间形成点对点网络。

[0027] 以下,使用协议模型来定义成功无线传输的条件,并且使用干扰图来对干扰建模。在协议模型中,如果以下条件全部满足,则节点 i 和节点 j 之间的传输是成功的:

[0028] 1. 节点 i 和节点 j 在相同的信道上通信

[0029] 2. $d(i, j) \leq T_r$, 其中 $d(i, j)$ 是 i 和 j 之间的距离

[0030] 3. 在传输期间,使得 $d(k, i) \leq I_r$ 或 $d(k, j) \leq I_r$ 的任何节点 k 保持静默。第三个条件意味着发送者和接收者两者都无干扰。发送者应当无干扰以成功地接收接收者的应答。因为每个节点以相同的固定功率传输,并且无线电固有地是广播介质(其中在干扰范围内的多个相邻节点共享通信信道),所以节点 i 的干扰区域可以被想象为中心在 i 、具有半径 I_r 的圆盘 D_i 。在不产生混淆的前提下, D_i 也被用于表示由圆盘 D_i 覆盖、并且在与 i 相同的信道上的节点的集合,即 D_i 用于表示节点 i 的干扰节点的集合。使用该定义,与链路 $e = (i, j)$ 干扰的链路 / 边的集合可以被写作:

[0031] $I_e = \{(u, v) \mid u \in D_i \text{ 或 } u \in D_j \text{ 或 } v \in D_i \text{ 或 } v \in D_j\}$

[0032] 为了将无线干扰并入至问题公式,定义干扰图 $G'(V', E')$, 其顶点对应于连通图 G 的链路。如果在 G 中链路 e_1 和 e_2 彼此干扰(即它们不能同时有效),则在 $G'(V', E')$ 中存在顶点 $e_1 = (x, y)$ 和 $e_2(u, v)$ 之间的边。基于协议模型,如果 (u, v) 被 I_{xy} 或 I_{e_1} 覆盖,则画边。在回程中继层中,这包含了由于链路 (x, y) 和 (u, v) 具有共同的端点而产生冲突的情况(因为中继接口在相同的信道上工作,共享端点的两个链路处于彼此的干扰集合中)。然而,对于接入层来说情况不同。每个 STA 仅支持一个接入接口。该接口的工作信道不是预配置的。替代地,工作信道被动态地调谐至关联的 MAP 的工作信道中的一个。在问题公式中,允许动态的部分关联,即 STA 可以与多于一个 MAP 关联,这暗示 STA 需要以时分方式在多个信道上工作,因为它只有一个无线电。潜在地, STA 可以与其范围 T_r 内的全部 MAP 关联,以使得在连通图 G 中存在 STA 和每个这样的 MAP 之间的链路。基于上述干扰图构造,在 G' 中在这些链路的任何一对之间将不存在边,因为这些链路工作在正交的信道上。然而,由于每个 STA 具有单个无线电,因此这些链路不能在同时有效。即 STA 一次只能

工作在一个信道上并且向一个 MAP 传输。因此, STA-MAP 链路的干扰集合明确地包括共享与给定链路的无线电相同的无线电的链路,并且因此在干扰图 G' 中在任何一对这样的链路之间画边。使用干扰图,可以以另一种方式表示与链路 $e = (x, y)$ 干扰的链路的集合:

$$[0033] \quad I_e = \{e' \mid (e, e') \in E'\}$$

[0034] 图 2a 图示了 3-MAP 网络中的连通图和干扰图的构造,其中 MAP A 是网关 205。MAP B 210 和 MAP C 210 具有到 A 的链路但在彼此的范围外。在回程中这三个 MAP 工作在信道 ch1 上。STA S 215 可以潜在地与 B 和 C 两者关联,B 和 C 的接入接口分别工作在正交的信道 ch2 和 ch3 上。图 2b 是基本上与图 2a 相同的图,但其中全部元素被表示为点。即,网关 205、MAP B 210、MAP C 210 和 STA S 215 全部由圆圈表示。图 2a 为 3MAP 网络的示意图,而图 2b 为相同的 3MAP 网络的连通图。图 2c 为示出以下的干扰图:虽然 STA S 可以与 MAP B 和 MAP C 两者连接,但因为它只有一个无线电接口,所以在任何给定的时间 STA S 只能与 MAP B 或 MAP C 通信。BS 链路和 CS 链路在干扰图上,这是因为 STA S 只有一个无线电。网关 205 可以与 MAP B 或 MAP C 或其两者通信。然而,因为 AB 链路和 AC 链路具有共同的端点,所以存在冲突。

[0035] 接着,描述将联合的关联、路由和速率分配在数学上公式化。假定在网络中存在 M 个 MAP 和 N 个 STA。为了达到性能上限,首先分配部分关联和多路径路由,即 STA 可以与多个 MAP 关联并且在回程中流量流可以通过多个路径被路由到网关。STA 的速率分配矢量由 $r = \{r_{ij} \mid i \in V_s, j \in V_a\}$ 表示,其中 r_{ij} 是为了 STA i 与 MAP j 的关联而分配给 STA i 的速率。因此分配给 STA i 的总速率是 $r_i = \sum_j r_{ij}$,并且网络吞吐量是 $S(\mathbf{r}) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M r_{ij}$ 。在 STA 被分配了总速率 r_i 时,它可以通过网关以总速率 r_i 与有线网络通信。 M 元素的矢量 $f = [f_1, f_2, \dots, f_M]$ 表示每个 MAP 处的流量数据量,其中 f_j 表示对于 j 的关联的 STA 聚集的总流量。在多路径路由的情况下, f_j 可以分布至多个路径并且穿过不同的链路集合到达网关。 R_{je} 用于表示链路 e 上的多少带宽被分配用于传输属于 f_j 的流。链路 $e = (u, v) \in E$ 的容量用 C_{uv} 或 C_e 表示。

[0036] 首先,呈现用于确定关联、路由和速率分配以最大化吞吐量的 LP 公式。以下, $h(e)$ 和 $t(e)$ 分别用于表示链路的头(发送者)和尾(接收者)。“gw”用于表示网关。LP 问题被称作最大吞吐量速率分配 (MTRA) 问题。

$$[0037] \quad \hat{S} = \max \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M r_{ij} \quad (1)$$

[0038] 其受到以下约束:

$$[0039] \quad \sum_{j:(i,j) \in E} \frac{r_{ij}}{C_{ij}} \leq 1, \quad \forall i \in V_s \quad (2)$$

$$[0040] \quad \sum_{i:(i,j) \in E} \frac{r_{ij}}{C_{ij}} \leq 1, \quad \forall j \in V_a \quad (3)$$

$$[0041] \quad \sum_{i:(i,j) \in E} r_{ij} \leq f_j, \quad \forall j \in V_a \quad (4)$$

$$[0042] \quad \sum_{e:h(e)=j} R_{j,e} = f_j, \quad \forall j \in V_a \setminus \{gw\} \quad (5)$$

$$[0043] \quad \sum_{e:t(e)=j} R_{j,e} = 0, \quad \forall j \in V_a \setminus \{gw\} \quad (6)$$

$$[0044] \quad \sum_{e:h(e)=j} R_{j,e} = 0 \quad j = gw \quad (7)$$

$$[0045] \quad \sum_{e:h(e)=v} R_{j,e} = \sum_{e:t(e)=v} R_{j,e} \quad \forall v \in V_a \setminus \{j, gw\} \quad (8)$$

$$[0046] \quad \sum_{e \in U_e} \sum_{j=1}^M \frac{R_{j,e}}{C_e} \leq 1 \quad \forall e \in E \quad (9)$$

$$[0047] \quad r \geq 0, R \geq 0, f \geq 0 \quad (10)$$

[0048] 在不等式 (2) 和 (3) 中, R_{ij}/C_{ij} 是 STA_i 的时间中用于将其自身的流量发送至 MAP_j 的部分。(2) 表示在 STA 上的无线电约束 (STA 以时分方式向多个关联的 MAP 传输), 指示被分配给 STA_i 的总速率不应需要比 STA_i 实际具有的传输时间更多的传输时间。不等式 (3) 意味着由 MAP_j 关联的 STA 施加在 MAP_j 上的总流量不应需要比 MAP 具有的接收时间更多的接收时间。方程和不等式 (4)–(8) 呈现流守恒定律。不等式 (4) 表明 MAP 的流量是来自其关联的 STA 的流量之和。方程 (5) 示出了 MAP_j 的流量被分布至其输出链路, 然而, 这些链路上的速率之和应当等于 f_j 。方程 (6) 指示在回程中因为 MAP_j 是网关的源所以在 j 的输入链路上不存在属于 f_j 的流。方程 (7) 保证在网关的输出链路上不存在属于 f_j 的流, 这是因为网关是宿 (sink)。方程 (8) 表示, 对于任何 MAP, 除了回程中的网关的源以及网关之外, 输入流的量等于输出流的量。不等式 (9) 是可行性条件, 其解释无线干扰并且表示干扰集合中的链路的总使用不应超过 1。方程 (1) 的目标为最大化网络吞吐量。

[0049] 下面示出以最大化网络吞吐量为目标的速率分配可能导致 STA 之间的严重偏差, 即一些 STA 被分配有非常高的速率, 而另一些则饥饿匮乏。在无线 muni-mesh 网络中, 公平地在 STA 之间分配资源是重要的, 这是因为 用户通常支付相同的统一费率来得到因特网服务。接着, 基于最大-最小公平性模型来处理公平性问题。呈现 LP 公式以最大化被分配给 STA 的最小速率, 然后利用所保证的最大-最小速率来最大化吞吐量。该问题也被称作最大-最小速率分配 (MMRA) 问题, 并且以两步来公式化。

[0050] 步骤 1:

$$[0051] \quad r^* = \max r_{\min} \quad (11)$$

[0052] 其受到以下约束:

[0053] 约束 (2)–(9)

$$[0054] \quad \sum_{j:(i,j) \in E} r_{ij} \geq r_{\min} \quad \forall i \in V_s \quad (12)$$

$$[0055] \quad r \geq 0, R \geq 0, f \geq 0, r_{\min} \geq 0 \quad (13)$$

[0056] 步骤 2:

$$[0057] \quad S = \max \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M r_{ij} \quad (14)$$

[0058] 其受到以下约束：

[0059] 约束 (2)–(9)

$$[0060] \quad \sum_{j:(i,j) \in E} r_{ij} \geq r^* \quad \forall i \in V_s \quad (15)$$

[0061] $r \geq 0, R \geq 0, f \geq 0$

[0062] 在步骤 1 中, 最大化被分配给 STA 的最小速率 (r_{\min})。因为 STA 可以与多个 MAP 关联, 所以被分配给 STA (例如 STA_i) 的总速率是 $r_i = \sum_{j:(i,j) \in E} r_{ij}$, 其中 j 是与 STA_i 关联的 MAP。前八个条件 (方程和不等式 (2)–(9)) 与最大吞吐量速率分配问题中相同。不等式 (12) 表明被分配给任何 STA 的速率应当不小于 r_{\min} 。通过求解该 LP 问题, 保证了对于任何其他速率分配矢量 $\{r'_{ij}\}$, 所分配的最小速率是 $\min\{r'_{ij}\} \leq r^*$ 。来自步骤 1 的作为结果的速率分配保证了最大最小速率分配值, 然而它可能不能高效地使用网络资源。

[0063] 在步骤 2 中, 在保证每个 STA 被分配至少 r^* 的速率的同时最大化网络吞吐量。因此, 求解步骤 1 以获得 r^* 然后求解步骤 2 可以在保证最大–最小公平性的同时提供最大吞吐量。

[0064] 至此, 已经考虑了部分关联和多路径路由。在部分关联和多路径路由中, STA 可以与多个 MAP 关联, 并且来自源的流量可以经由多个路径被路由至 网关。许多现存的关联方案被限制为整体关联, 其中 STA 只与一个 MAP 关联。许多当前的路由协议被限制为单路径路由。因此导出对于整体关联和单路径路由的性能边界是有用的。引入整体关联和单路径路由的方法是通过添加两个 0–1 变量的集合 $a_{ij} \in \{0, 1\}$ 和 $u_{j,e} \in \{0, 1\}$, 其中 a_{ij} 指示 STA_i 是否与 MAP_j 关联, 而 $u_{j,e}$ 指示链路 e 是否被属于 f_j 的流使用。可以通过用 $a_{ij}r_{ij}$ 替换 r_{ij} 并且用 $u_{j,e}R_{j,e}$ 替换 $R_{j,e}$ 、并且添加以下两个条件来对于整体关联和单路径路由而扩展上面所描述的问题公式：

[0065] 1. 在每个 STA_i 处, $\sum_{j:(i,j) \in E} a_{ij} = 1$, 其中 $a_{ij} \in \{0, 1\}$

[0066] 2. 对于任何 f_j , 在任何 MAP a 处, $\sum_{e:h(e)=a} u_{j,e} \leq 1$, 其中 $u_{j,e} \in \{0, 1\}$

[0067] 第一个条件表明 STA 只可以与一个 MAP 关联。第二个条件的基本思想是在单路径路由中, 在任何 MAP a 处, 存在至多一个承载流 j 的输出链路。该问题公式归为混合整体非线性规划。理论上, 求解这样的问题是 NP-hard。

[0068] 为了避免在整体关联和单路径路由的情况下求解 NP-hard 问题, 描述用于解耦关联、路由和速率分配的问题的方法。呈现试探的关联和路由算法以构造用于通信的逻辑拓扑, 然后在该逻辑拓扑内执行速率分配。该方案是实际的, 但给出亚最优 (sub-optimal) 解。

[0069] 在 IEEE 802.11s 中规定的播出时间开销 (airtime cost) 被用作路由度量 (metric)。播出时间开销反映在特定链路上传输一帧所消耗的信道资源的量。链路的播出时间开销被计算为：

$$[0070] \quad C_a = \left(0 + \frac{S}{r}\right) \frac{1}{1-E}$$

[0071] 其中 0 是信道访问附加开销 (overload), 其包括帧报头、训练序列、访问协议附加开销, 而 S 是标准测试帧长度。IEEE 802.11b 网络中对于这些常数的一些代表值为: $0 = 699 \mu s$ 和 $S = 1024$ 字节。 r 和 E 分别是在当前信道状况下对于测试帧尺寸 S 的链路数据

速率和帧错误率。可以本地地估算这些值。路径的开销是路径上的链路的播出时间开销的和。

[0072] 在回程中所使用的路由协议是在 IEEE 802.11s 标准中规定的混合无线网状协议 (HWMP)。HWMP 定义先应式 (proactive) 路由模式和按需路由模式。先应模式允许先应地建立用于与特定关键网状节点 (诸如网关) 通信的路由。利用先应式路由, MAP 和网关之间的数据转发可以立即开始而无需路由发现 (discovery) 延迟和额外数据缓存。按需路由模式基于增强的自组织按需距离矢量 (AODV) 协议 [IETF RFC 3561], 并且任何网状节点可以通过路由请求 / 路由回应例程而启动按需路由发现。按需模式用于点 MAP 对点 MAP 通信。这里的关注在于对于 MAP 和网关之间的通信的先应式路由。

[0073] 在先应式路由模式中, 网关周期性地通过广播根 / 路由通知消息来宣告 (advertise) 其自身, 所述路由通知消息包含路径开销字段和序列号。在路由通知消息的传播期间, 在网关处将路径开销的值初始化为零, 而在中间 MAP 处更新路径开销的值。每次由网关发送路由通知时, 序列号累加。在接收到路由通知时, MAP 通过将输入链路的开销加至在路由通知中所承载的路径开销, 而更新输入路径的开销。如果所接收的消息中的序列号大于直到该时间点已经见到的序列号、或如果序列号相同而路径开销优于当前值, 则 MAP 更新其到网关的路径, 并且重新广播路由通知。随着该处理重复, 拓扑远离网关地建立, 直至回程中的全部 MAP 接收到路由通知消息。以此方式, 先应地建立路径并且在每个 MAP 和网关之间维持路径。所建立的路径形成以网关处为根的树。注意到, 可以在回程中使用其他路由度量和路由协议以建立 MAP 和网关之间的路径。还注意到, 通过回应通知消息的树节点而建立反向路径。

[0074] 在较早的申请 (PCT/US2007/005565) 中, 教导了端对端性能感知关联机制。被称作 JSEL 的关联度量被定义为:

$$[0075] \quad \text{JSEL} = \beta Q_{a1} + (1 - \beta) C_{bp} \quad (16)$$

[0076] 其中 Q_{a1} 是反映 STA 和 MAP 之间的接入链路的的质量的接入链路度量。对于 MAP j 和加入的 STA i 。

$$[0077] \quad Q_{a1}(i, j) = \frac{1}{1 - E_i} \sum_{n \in A(j) \cup i} \frac{S}{r_n} \quad (16a)$$

[0078] 其中 $A(j)$ 表示当前与 MAP j 关联的 STA 的集合。S 是测试帧尺寸 (例如 1024 字节) 而 r_n 是 STA n 和 MAP j 之间的链路数据速率。E_i 表示在 STA i 以数据速率 r_i 传输具有尺寸 S 的帧的情况下在 STA i 和 MAP j 之间的链路上的分组丢失率。C_{bp} 是从 MAP 到网关的回程路径的累积开销。其在 MAP 信标和探测响应帧中承载, 这使得这样的信息对于 STA 可用。 $\beta \in [0, 1]$ 是可调谐的参数, 其用于平衡方程 (16) 中的接入链路质量和回程路径质量。

[0079] 关联和回程路由定义用于网络中通信的逻辑拓扑, 即指示哪些链路实际用于承载流量。下一问题是在该逻辑通信拓扑内执行速率分配以最大化吞吐量或利用所保证的最大 - 最小速率来最大化吞吐量。两个公式化的问题分别被表示为 MTRA- 亚最优和 MMRA- 亚最优。

[0080] 给定逻辑通信拓扑 (即 STA 与 MAP 的关联和每个 MAP 与网关之间的回程路径已知), 最优化变量是分配给 STA 的速率。N 元素的矢量 $r = [r_1, r_2, \dots, r_N]$ 被用于表示 STA 的速率分配矢量, 其中 r_i 是分配给 STA i 的速率。A(j) 表示与 MAP j 关联的 STA 的集合, 而

$P(j)$ 用于表示 MAPj 和网关之间的回程路径。被表示为 f_j 的 MAPj 的数据 / 流量是从 j 的全部关联的 STA 聚集的总流量。STA_i 的接入链路的容量被表示为 C_i ，而对于回程中的链路 e ， C_e 表示链路 e 的容量。以下示出用于利用所保证的最大 - 最小速率值最大化吞吐量的问题公式。MMRA 问题包括两步：

[0081] 步骤 1：

$$[0082] \quad r^* = \max r_{\min} \quad (17)$$

[0083] 其受到以下约束：

$$[0084] \quad r_i \leq C_i, \quad \forall i \in V_s \quad (18)$$

$$[0085] \quad \sum_{i \in A(j)} \frac{r_i}{C_i} \leq 1, \quad \forall j \in V_a \quad (19)$$

$$[0086] \quad \sum_{i \in A(j)} r_i = f_j, \quad \forall j \in V_a \quad (20)$$

$$[0087] \quad \sum_{e \in U_j} \sum_{j: e \in P(j)} \frac{f_j}{C_e} \leq 1 \quad \forall e \in E \quad (21)$$

$$[0088] \quad r_i \geq r_{\min}, \quad \forall i \in V_s \quad (22)$$

$$[0089] \quad r \geq 0, R \geq 0, r_{\min} \geq 0 \quad (23)$$

[0090] 步骤 2：

$$[0091] \quad \hat{S} = \max \sum_{i=1}^N r_i \quad (24)$$

[0092] 其受到以下约束：

$$[0093] \quad r_i \leq C_i, \quad \forall i \in V_s \quad (25)$$

$$[0094] \quad \sum_{i \in A(j)} \frac{r_i}{C_i} \leq 1, \quad \forall j \in V_a \quad (26)$$

$$[0095] \quad \sum_{i \in A(j)} r_i = f_j, \quad \forall j \in V_a \quad (27)$$

$$[0096] \quad \sum_{e \in U_j} \sum_{j: e \in P(j)} \frac{f_j}{C_e} \leq 1 \quad \forall e \in E \quad (28)$$

$$[0097] \quad r_i \geq r^*, \quad \forall i \in V_s \quad (29)$$

$$[0098] \quad r \geq 0, f \geq 0, \quad (30)$$

[0099] 方程 (17) 的目标是最大化分配给 STA 的最小速率。不等式 (18) 和 (25) 指示分配给 STA 的速率不能超过接入链路容量。不等式 (19) 和 (26) 意味着由 MAPj 关联的 STA 施加在 MAPj 上的总流量不应需要比 MAPj 实际具有的接收时间更多的接收时间。方程 (20) 和 (27) 表明 MAP 的流量是从其关联的 STA 聚集的总流量。不等式 (21) 和 (28) 是可行性条件，其解释无线干扰。它们表明干扰集合中的链路的使用不应超过 1。不等式 (22) 要求被分配给任何 STA 的速率不应小于 r_{\min} 。在求解 r^* 之后，在步骤 2 中，如方程 (24) 中所指示的那样，在保证每个 STA 被分配至少 r^* 的速率的同时最大化吞吐量。不等式 (29) 指示被分配给任何 STA 的速率不应小于 r^* 。不等式 (23) 和 (30) 表明所分配的速率应当等于或

大于 0。

[0100] 本发明基于集中式方法来基于最大-最小公平性模型在两极 muni-mesh 网络中实现关联、路由和速率分配的联合最优化。一个目标是改善吞吐量而不牺牲公平性,即利用所保证的最大-最小速率分配来最大化网络吞吐量。实际上,提供短期吞吐量和公平性最优化是困难的(如果不是不可能),这是因为网络拓扑、链路状态和流量的动态性。这里所描述方法实现对于全部 STA 的长期的最大-最小公平性。它可以用作 muni-mesh 网络控制系统的设计中用于处理公平性问题而也最大化网络吞吐量的基础。

[0101] 在实施方面,本发明的系统和方法首先需要诸如物理网状拓扑、链路数据速率、链路的干扰集合之类的关于网状回程网络的信息,以及诸如 STA 经历的来自/去向每个 MAP 的接入链路数据速率之类的关于每个 STA 的信息。其次,本发明的系统和方法需要以下部件:所述部件确定包括回程路由和 STA-MAP 关联的逻辑两级逻辑通信拓扑、以及向每个 STA 的公平带宽分配。第三,本发明的系统和方法需要用于实行这些路由、关联和速率分配决定的机制。注意到,如果无线链路是对称的,则可以使用上述算法来分配 STA 的上行流量和下行流量的总带宽。基于流量样式,总带宽被划分为上行流和下行流。

[0102] 图 3 为本发明的方法在网关中的示例实施例的流程图,其中网状网络具有集中控制器并且网状网络使用诸如 IEEE 802.16j(多跳中继协议)之类的集中式媒体访问控制(MAC)协议。如果网状网络对于中继网络使用诸如 IEEE 802.16j 多跳之类的集中式 MAC 协议,则每个 MAP 和 STA 周期性地执行对诸如其链路数据速率和信道状况之类的必要信息的本地测量和估计。所收集的信息被报告至网关,网关执行本发明的方法来确定最优的 STA-MAP 关联、回程路由和向每个 STA 的带宽分配(图 3)。网关可以基于所述所收集的信息和所收集的任何新的信息来周期性地更新其决定。在确定路由和 STA-MAP 关联之后,网关向 MAP 和 STA 通知其决定。

[0103] 仍然参考图 3,网关在 305 从 MAP 和 STA 收集网络信息。然后网关在 310 使用本发明的方法来确定最优的 STA-MAP 关联、回程路由和带宽分配。该方法可以实现如方程(1)至(10)中所描述的最大吞吐量速率分配或如方程(11)至(15)中所描述的最大-最小速率分配。然后,在 315,网关向 MAP 和 STA 通知网关已经确定的 MAP-STA 关联和回程路由。网关经由集中式 MAC 协议执行带宽分配通知。然后,在 320,网关指令集中式 MAC 协议基于所确定的带宽分配来调度传输。然后,在 325,网关执行测试以确定它是否接收新的信息以及它是否需要基于从 MAP 和 STA 接收新的信息而更新它已经做出的任何决定。

[0104] MAP(图 4)和 STA(图 5)相应地执行路由和关联处理。因为使用集中式 MAC 协议,所以网关可以通过调度传输来实行 STA 的带宽分配。

[0105] 图 4 为对于 MAP 的本发明的方法的示例实施例的流程图,系统具有集中控制器并且使用集中式 MAC 协议。在 405,MAP 测量链路质量和信道状况。在 410,MAP 向网关报告(传输/转发)所测量的链路质量和信道状况。在 415 执行测试以确定 MAP 是否已从集中控制器(驻留于网关中)接收到回程路由决定/指令。如果 MAP 已经从集中控制器接收到回程路由决定,则在 420,MAP 根据所接收的指令/决定而更新先前存储在 MAP 中的路由和数据转发/传输指令/策略,并且将更新后的路由和数据转发/传输指令转发至与 MAP 关联的 STA。基于关联决定,控制器(经由 MAP)向 STA 通知 STA 需要与哪个 MAP 关联、以及当前与该 MAP 关联的 STA 是否需要将其关联改变至另一 MAP。在 425 执行测试以确定 MAP 是

否将继续。如果 MAP 将继续,则方法前进至 405。如果 MAP 将不继续,则 MAP 停止其测量链路质量和信道状况的操作。如果 MAP 未从集中控制器接收到回程路由决定 / 指令,则方法前进至 425。

[0106] 图 5 为对于 STA 的本发明的方法的示例实施例的流程图,系统具有集中控制器并且使用集中式 MAC 协议。在 505, STA 测量链路质量和信道状况。在 510, STA (经由 MAP) 向网关报告 (传输 / 转发) 所测量的链路质量和信道状况。在 515 执行测试以确定 STA 是否已经经由与 STA 关联的 MAP 从集中控制器 (驻留于网关中) 接收到关联决定 / 指令。在 520, 如果 STA 已经 (经由关联的 MAP) 从集中控制器接收到关联指令,则 STA 根据所接收的指令 / 决定更新其关联信息。在 525 执行测试以确定 STA 是否将继续。如果 STA 将继续,则方法前进至 505。如果 STA 将不继续,则 STA 停止其测量链路质量和信道状况的操作。如果在 515 STA 未从集中控制器接收到关联决定 / 指令,则方法前进至 525。

[0107] 如果网状网络使用诸如 IEEE 802.11 分布式协调功能之类的分布式 MAC 协议,则 STA 和 MAP 可以配备有周期性地收集本发明的方法所需的信息的模块 (硬件、软件或固件或其任何组合)。向集中控制器报告所收集的信息。集中控制器使用本发明的方法 (图 6) 作出或者周期性地更新其对于最优的 STA-MAP 关联、回程路由和向每个 STA 的带宽分配的决定。该方法可以实现如方程 (1) 至 (10) 中所描述的最大吞吐量速率分配或如方程 (11) 至 (15) 中所描述的最大 - 最小速率分配。集中控制器向 STA 和 MAP 通知其决定。STA (图 8) 和 MAP (图 7) 根据集中控制器的指令来执行对应的关联和路由处理。因为使用分布式 MAC 协议,所以 STA 可以配备有调节其至网络的上行流量的模块 (软件、硬件或固件或其任何组合),而网关可以调节对于 STA 的下行流量。集中控制器可以通过使用在方程 (1) 至 (10) 中所描述的最大吞吐量速率分配算法或在方程 (11) 至 (15) 中所描述的最大 - 最小公平性速率分配算法,在相对长的间隔上重新计算和更新最优的路由、关联和带宽分配。在两次连续的执行之间,它可以基于方程 (17) 至 (30) 中所描述的速率分配算法而只在所确定的逻辑拓扑内更新带宽分配。另外,如果分布式路由和关联方法用于构造逻辑两级通信拓扑,则集中控制器只使用方程 (17) 至 (30) 来在所确定的逻辑拓扑内执行带宽分配。在确定新的带宽分配之后,集中控制器向 STA 通知其决定。STA 更新其带宽分配参数。

[0108] 图 6 为对于使用分布式 MAC 协议的集中控制器的本发明的方法的示例实施例的流程图。在 605, 网关从 MAP 和 STA 收集网络信息。然后,在 610, 网关使用本发明的方法来确定最优的 STA-MAP 关联、回程路由和带宽分配。该方法可以实现如方程 (1) 至 (10) 所描述的最大吞吐量速率分配或如方程 (11) 至 (15) 所描述的最大 - 最小速率分配。然后,在 615, 网关向 MAP 和 STA 通知网关已经确定的 MAP-STA 关联和回程路由。在 620, 网关还 (经由 STA 的关联的 MAP) 向 STA 通知它们的带宽分配。然后,在 625, 网关执行测试以确定它是否从 MAP 和 STA 接收新的信息以及它是否需要基于从 MAP 和 STA 接收新的信息而更新它已经做出的任何决定。

[0109] 图 7 为对于 MAP 的本发明的方法的示例实施例的流程图,系统具有集中控制器并且使用分布式 MAC 协议。在 705, MAP 测量链路质量和信道状况。在 710, MAP (经由 MAP) 向网关报告 (传输 / 转发) 所测量的链路质量和信道状况。在 715 执行测试以确定 MAP 是否已从集中控制器 (驻留于网关中) 接收到回程路由决定 / 指令。如果 MAP 已经从集中控制器接收到回程路由决定,则在 720, MAP 根据所接收的指令 / 决定而更新先前存储在 MAP 中

的路由和数据转发 / 传输指令 / 策略, 并且转发更新后的路由和数据转发 / 传输指令。在 725 执行测试以确定 MAP 是否将继续。如果 MAP 将继续, 则方法前进至 705。如果 MAP 将不继续, 则 MAP 停止其测量链路质量和信道状况的操作。如果 MAP 未从集中控制器接收到回程路由决定 / 指令, 则方法前进至 725。

[0110] 图 8 为对于 STA 的本发明的方法的示例实施例的流程图, 系统具有集中控制器并且使用分布式 MAC 协议。在 805, STA 测量链路质量和信道状况。在 810, STA 向网关报告 (传输 / 转发) 所测量的链路质量和信道状况。在 815 执行测试以确定 STA 是否已经从集中控制器 (驻留于网关中) 接收到关联决定 / 指令。如果 STA 已经从集中控制器接收到关联指令, 则 STA 更新关联。在 825 执行测试以确定 STA 是否已经从集中控制器接收到带宽分配决定 / 指令。如果 STA 已经从集中控制器接收到带宽分配指令, 则在 830, STA 根据所接收的指令更新速率控制策略。在 835 执行测试以确定 STA 是否将继续。如果 STA 将继续, 则方法前进至 805。如果 STA 将不继续, 则 STA 停止测量链路质量和信道状况的操作。如果 STA 未从集中控制器接收到带宽分配指令, 则方法前进至 835。如果 STA 未从集中控制器接收到关联指令 / 决定 (815), 则方法前进至 825。

[0111] 图 9 为根据本发明的原理的网关的示例实施例的框图。网关具有无线电接口 905, 其可以是具有多个逻辑接口的单个无线电接口或可以是多个无线电接口, 以与 MAP 直接通信以及经由 STA 的关联的 MAP 与 STA 通信。无线电接口 905 也用于经由有线通信接口 910 与因特网或任何其他有线网络通信。无线电接口 905 还与网络信息收集模块 915 通信, 所述网络信息收集模块 915 可以包括一个或多个数据库、存储设备或存储器, 以存储网关从 MAP 和 STA 接收的来自 MAP 和 STA 的链路质量和信道状况信息。网络信息收集模块 915 还与决定作出模块 920 通信, 所述决定作出模块 920 基于所收集并存储在网络信息收集模块 915 中的信息而作出关于回程路由、关联和带宽分配的决定。决定作出模块还与无线电通信接口模块 905 通信, 以向 MAP 和 (经由它们的关联的 MAP) 向 STA 传输其作出的决定。决定作出模块 920 还与数据速率控制模块和 MAC 协议模块 925 通信。数据速率控制和 MAC 模块 925 还与无线电通信接口模块 905 通信以控制每个 STA 的数据流量的量。

[0112] 图 10 为根据本发明的原理的 MAP 的示例实施例的框图。该 MAP 包括回程无线电通信接口模块 1005, 其用于与中继层中的其他 MAP 通信以及与网关通信。回程无线电通信接口模块还与 STA-MAP 通信接口模块 1010 通信, 以从回程向 STA 转发数据或控制分组、或反之。回程无线电通信接口模块还与路由和数据转发控制模块 1015、消息处理模块 1020 和链路测量模块 1025 通信。路由和数据转发控制模块 1015 还与消息处理模块 1020 通信。消息处理模块还与回程无线电通信接口模块 1005 和 STA-MAP 无线电通信接口模块 1010 通信。消息处理模块处理从 STA 接收的消息或以 STA 为目的地的消息、以及从中继层中的其他 MAP 接收的消息或以中继层中的其他 MAP 为目的地的消息、以及从网关接收的消息以及以网关为目的地的消息。消息处理模块 1020 还与链路测量模块 1025 通信, 所述链路测量模块 1025 接收和存储来自与该 MAP 关联的 STA 的链路质量测量和信道状况信息, 以及对于该 MAP 进行链路质量和信道状况测量。链路质量测量模块还与回程无线电通信接口模块 1005 通信, 以向中继层中的其他 MAP 转发 / 传输链路质量和信道状况, 以及向网关发送链路质量和信道状况信息。链路测量模块 1025 还与 STA-MAP 无线电通信接口模块 1010 通信, 以从其关联的 STA 接收链路质量和信道状况信息。

[0113] 图 11 为根据本发明的原理的 STA 的示例实施例的框图。STA 包括 STA-MAP 无线电通信接口模块 1105, 其与关联控制模块 1110、消息处理模块、速率控制模块 1120 和链路测量模块 1125 通信。STA-MAP 无线电通信接口模块 1105 提供无线电通信接口, 以与该 STA 所关联的 MAP 通信的。STA 只具有一个无线电接口, 但可以具有多个逻辑无线电接口。即, STA 可以与多个 MAP 关联, 而如果如此, STA 使用时分复用方案与它们通信。关联控制模块 1110 (经由与该 STA 关联的 MAP) 从网关接收关联指令并且存储关联信息, 以及经由在其自身及其关联的 MAP 之间所交换的消息形成和建立那些连接。经由 STA-MAP 无线电通信接口模块 1105 交换消息。关联控制模块 1110 还与消息处理模块 1115 通信, 所述消息处理模块 1115 处理从与该 STA 关联的 MAP 接收的消息或以与该 STA 关联的 MAP 为目的地的消息、以及从网关接收的消息以及以网关为目的地的消息。消息处理模块 1115 还与速率控制模块 1120 通信。速率控制模块 1120 (经由与该 STA 关联的 MAP) 从网关接收速率控制指令并且存储速率控制信息, 以及根据速率控制指令来操作。STA 还具有链路测量模块 1125, 其与消息处理模块 1115 通信, 并且其测量链路质量和信道状况, 以经由其关联的 MAP 向网关提供该信息。

[0114] 应当理解, 可以例如在服务器、中间设备 (诸如无线接入点或无线路由器) 或移动设备中以多种形式的硬件 (例如 ASIC 芯片)、软件、固件、专用处理器或其组合来实施本发明。优选地, 作为硬件和软件的组合来实施本发明。此外, 优选地将该软件作为在程序存储设备上被确实体现的应用程序来实施。该应用程序可以被上载至包括任何合适的架构的机器, 并且由所述包括任何合适的架构的机器执行。优选地, 在具有诸如一个或更多的中央处理单元 (“CPU”)、随机存取存储器 (“RAM”) 和输入 / 输出 (“I/O”) 接口之类的硬件的计算机平台上实施该机器。该计算机平台还包括操作系统和微指令码。在这里所描述的多种处理和功能可以是经由操作系统执行的微指令码的一部分或应用程序的一部分 (或其组合)。另外, 诸如附加数据存储设备和打印设备之类的多种其他外围设备可以与该计算机平台连接。

[0115] 应当进一步理解, 因为优选地以软件来实施在附图中所描绘的系统构成组件和方法步骤中的一些, 所以取决于本发明被编程的方式, 系统组件 (或处理步骤) 之间的实际连接可以是不同的。给出这里的教导, 相关领域普通技术人员将能够想到本发明的这些和类似的实施方案或配置。

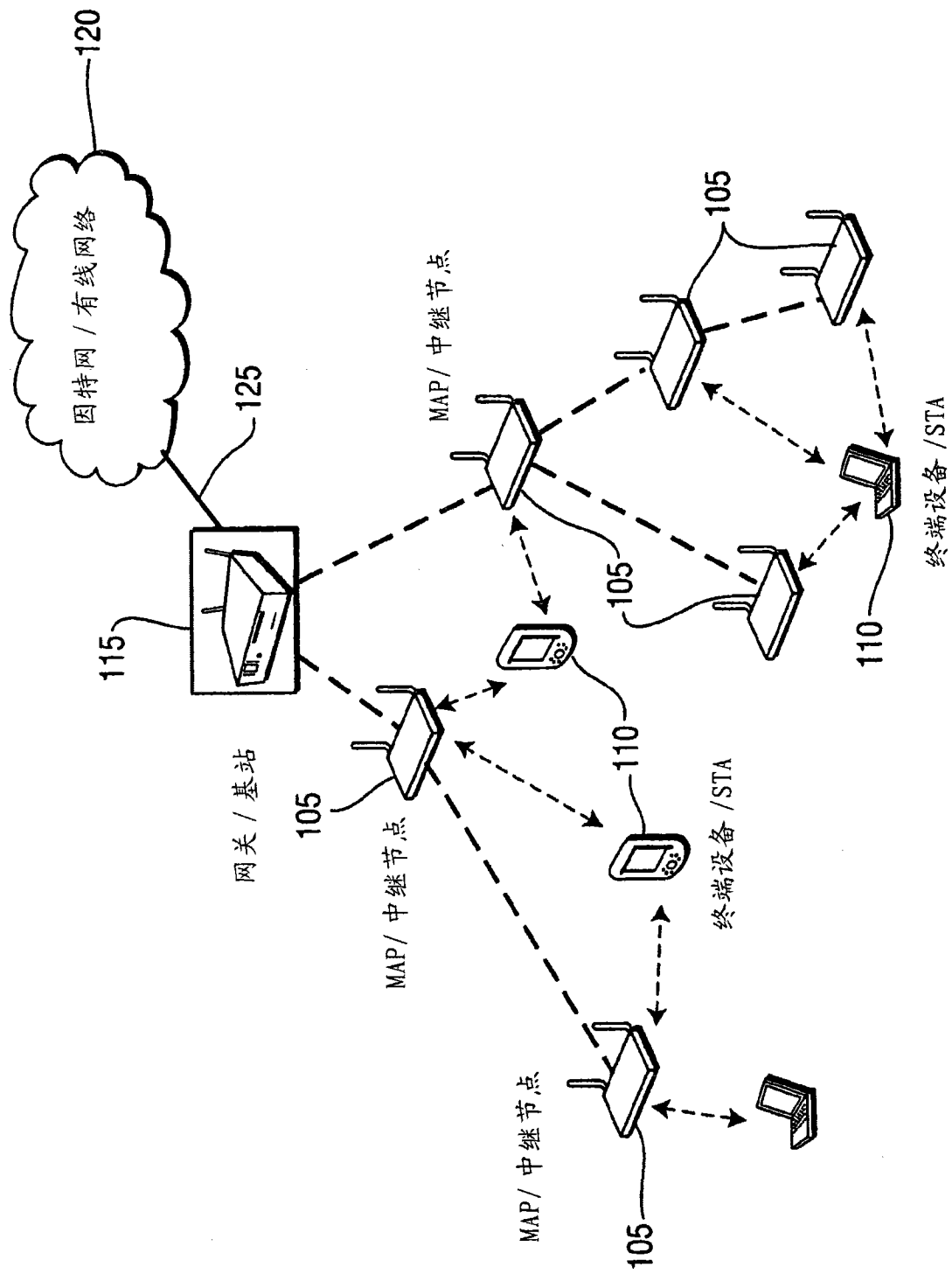


图 1

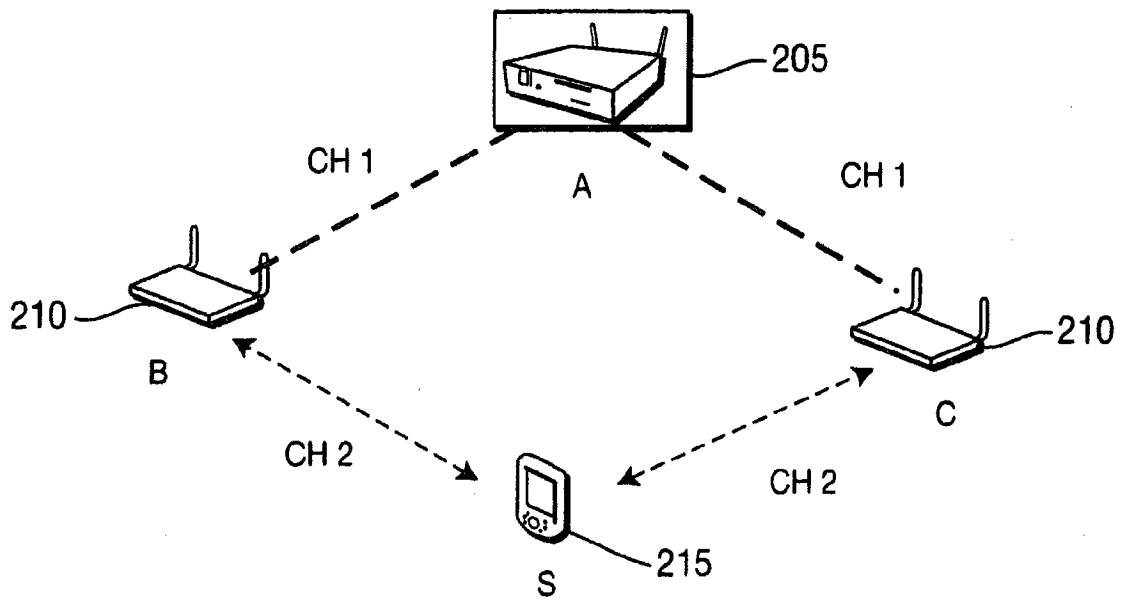


图 2a

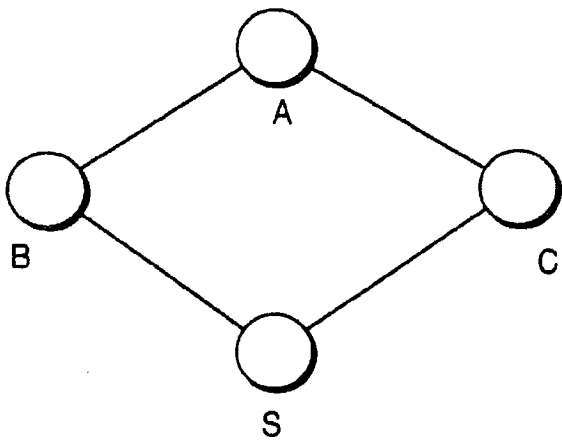


图 2b

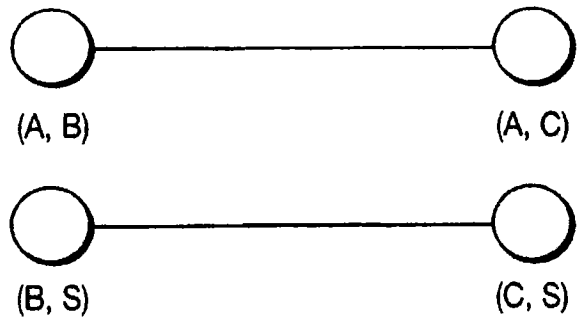


图 2c

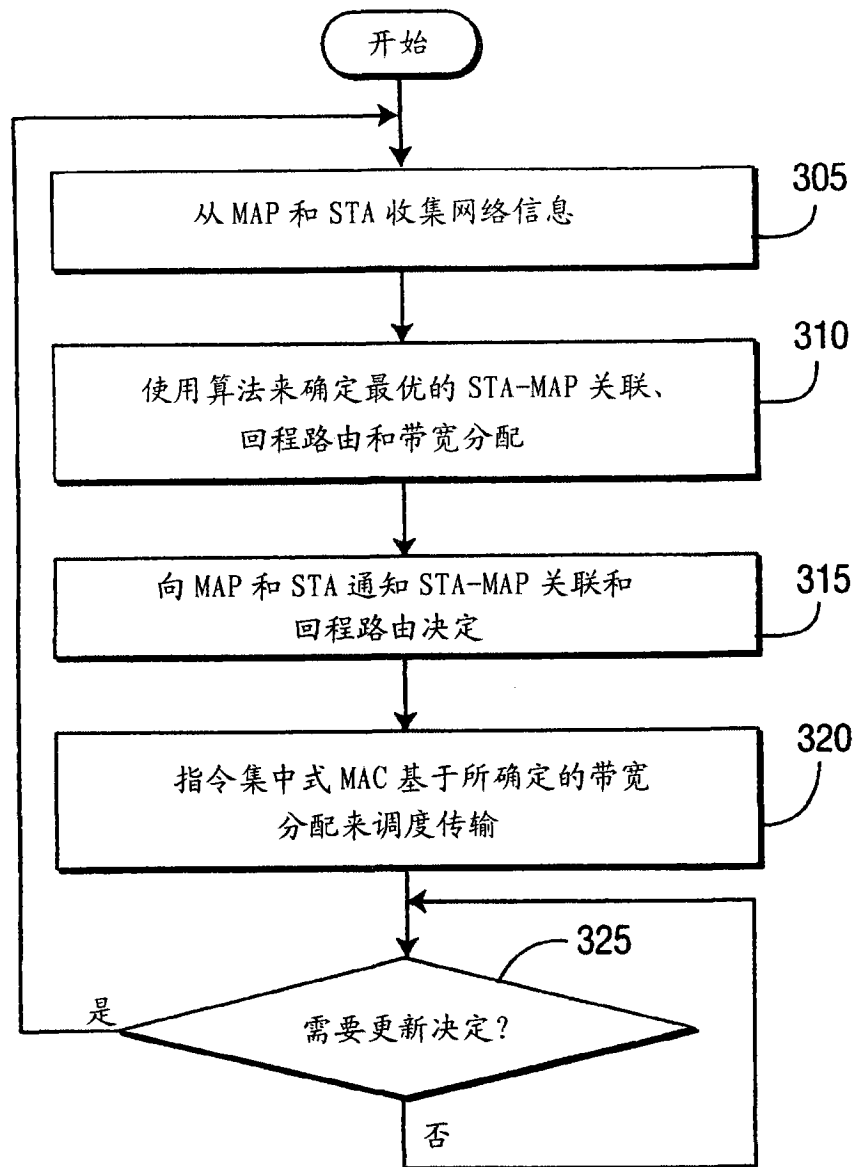


图 3

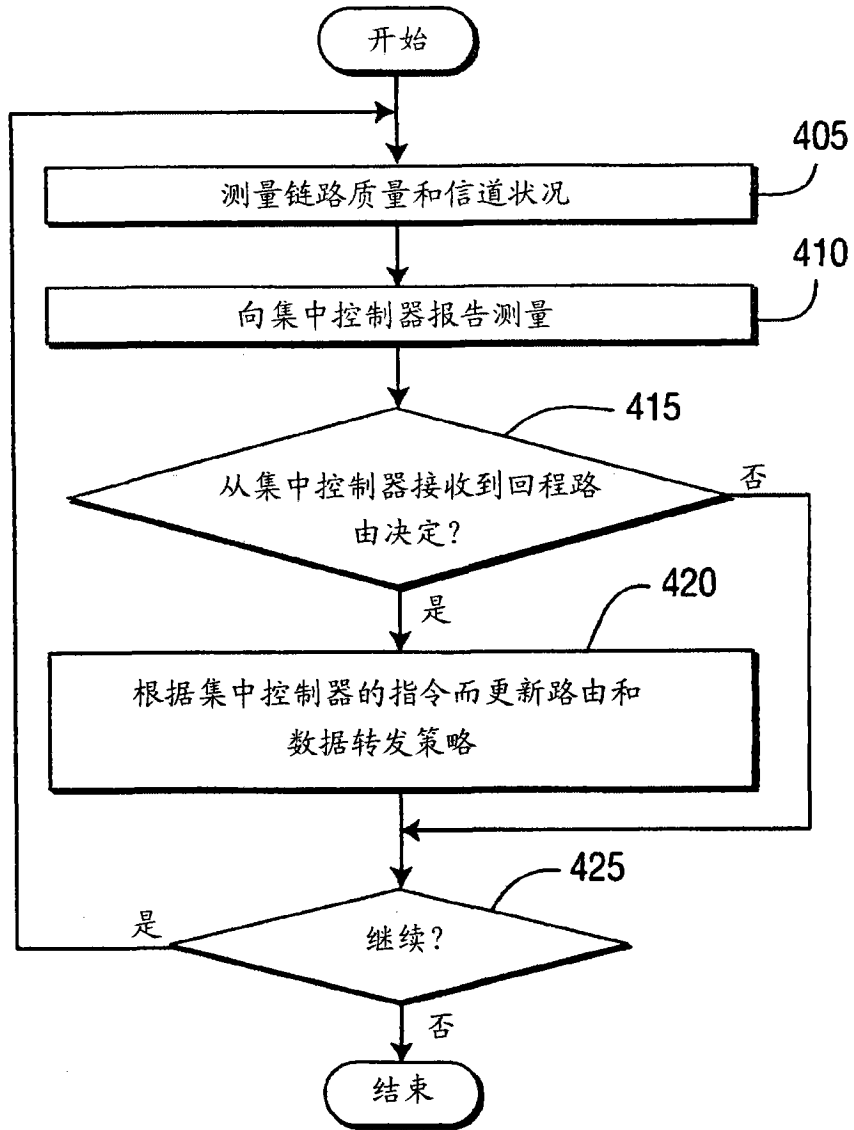


图 4

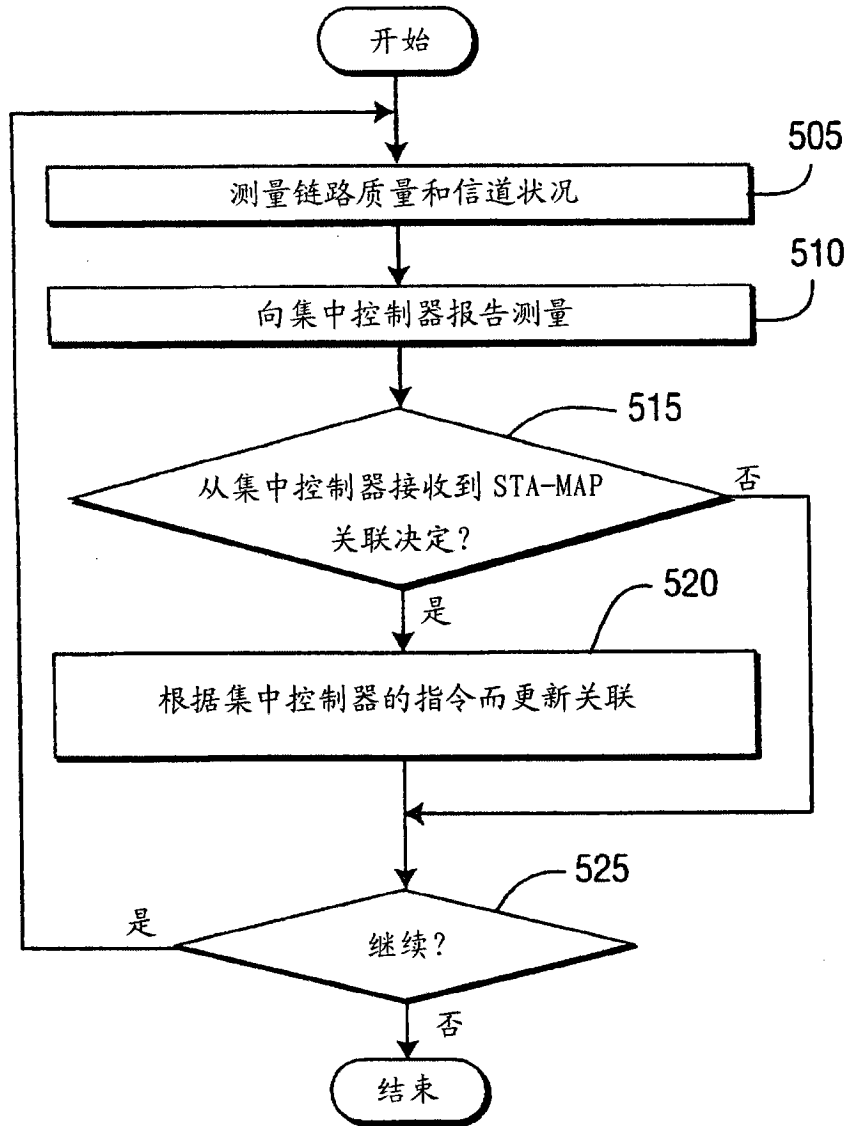


图 5

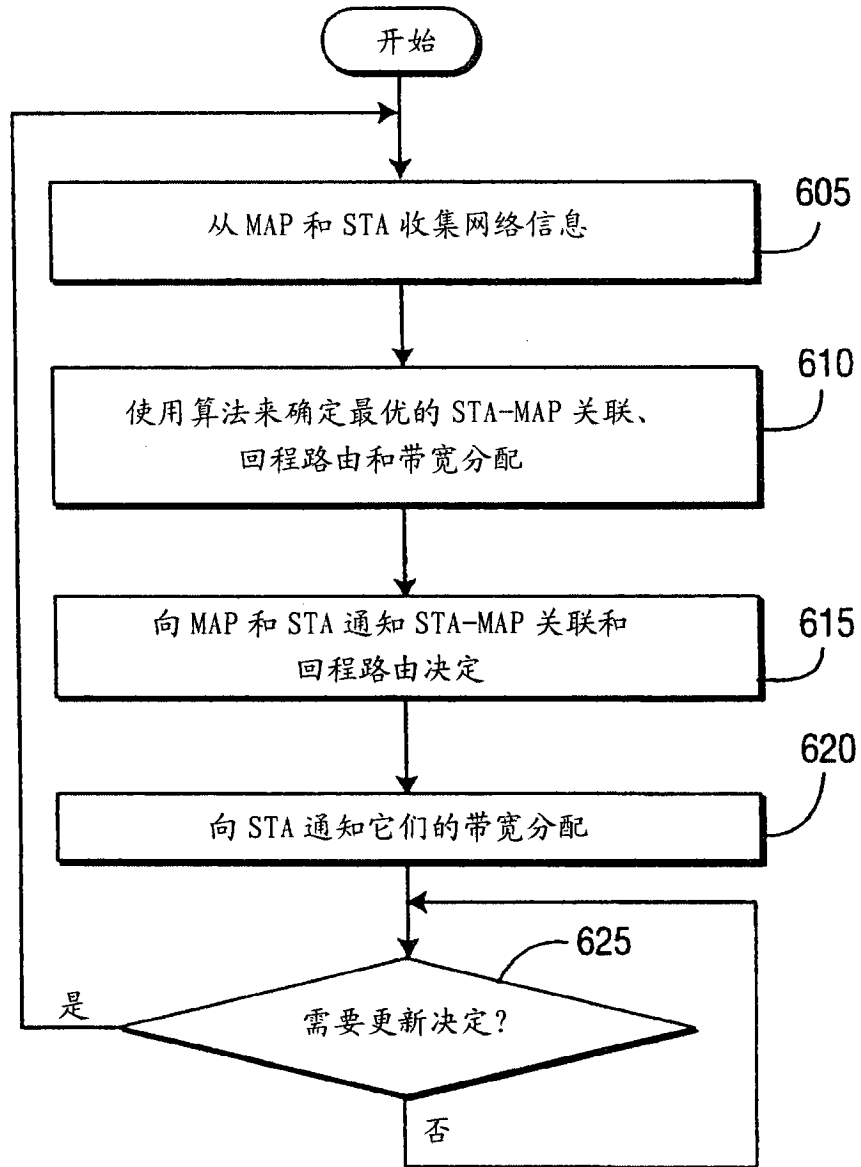


图 6

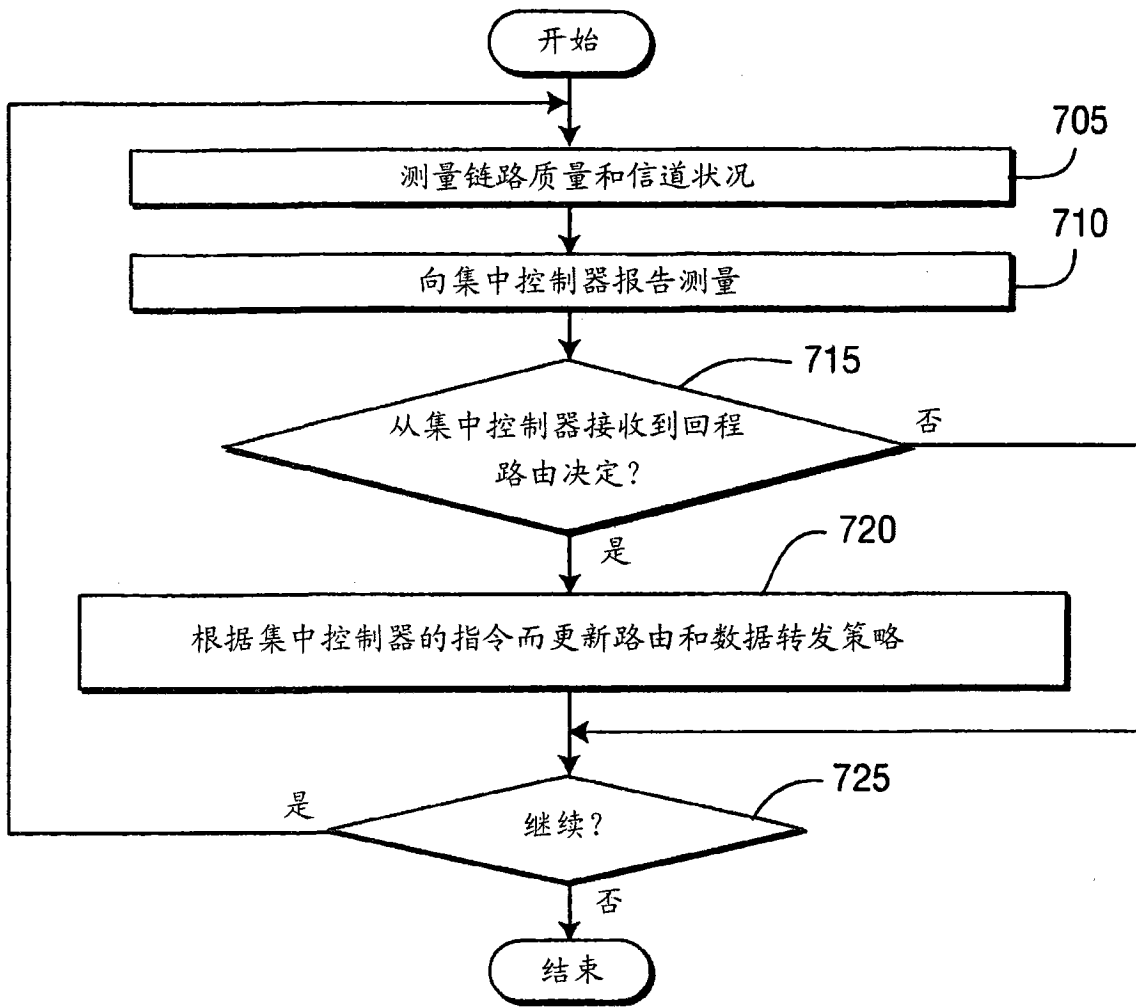


图 7

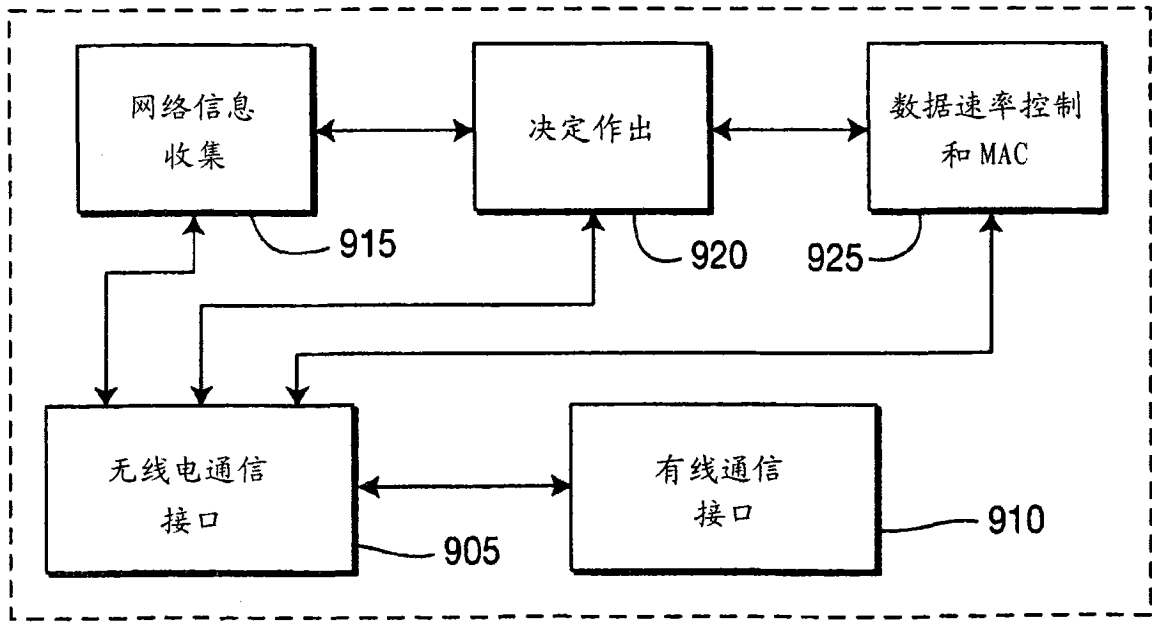


图 9

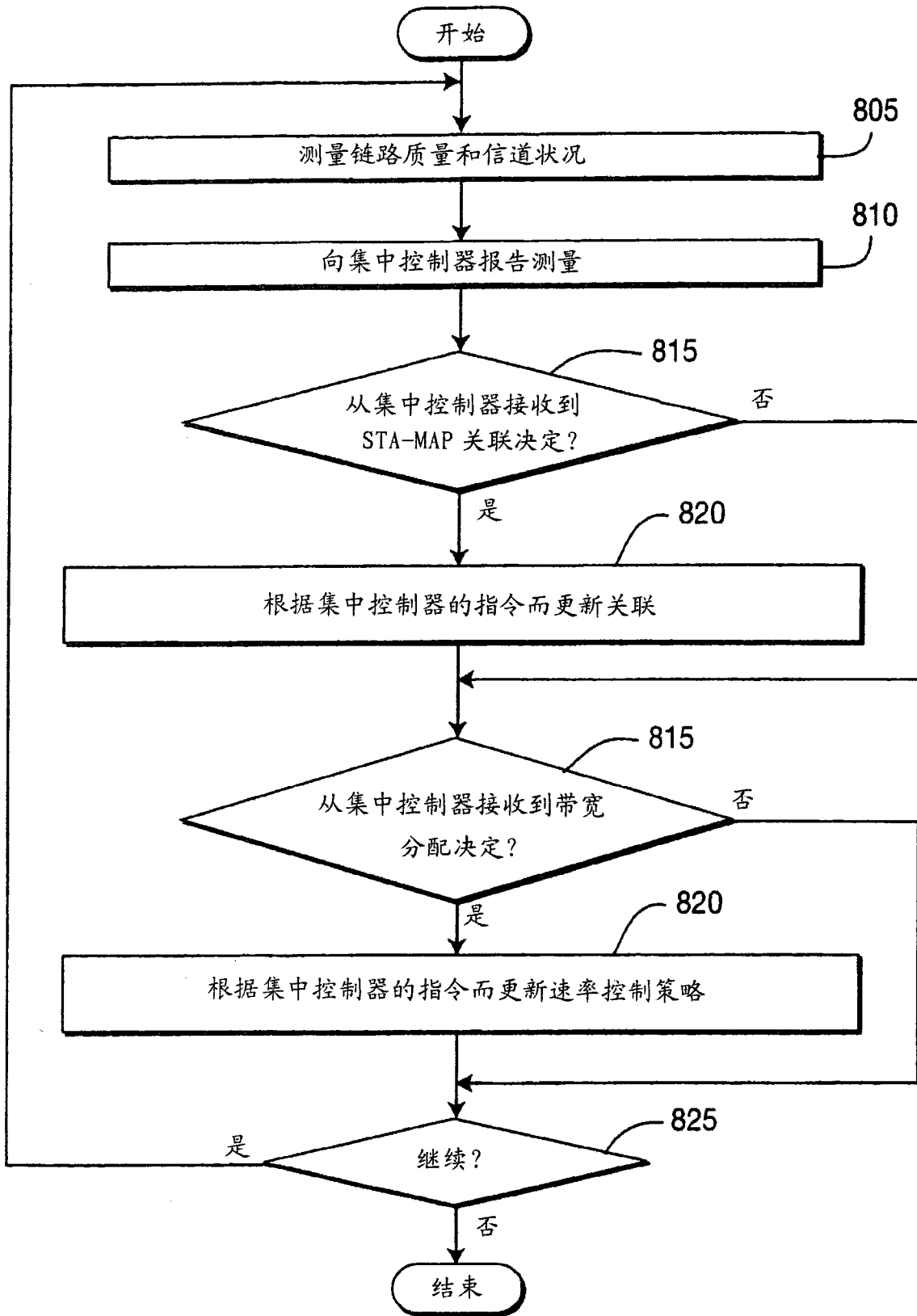


图 8

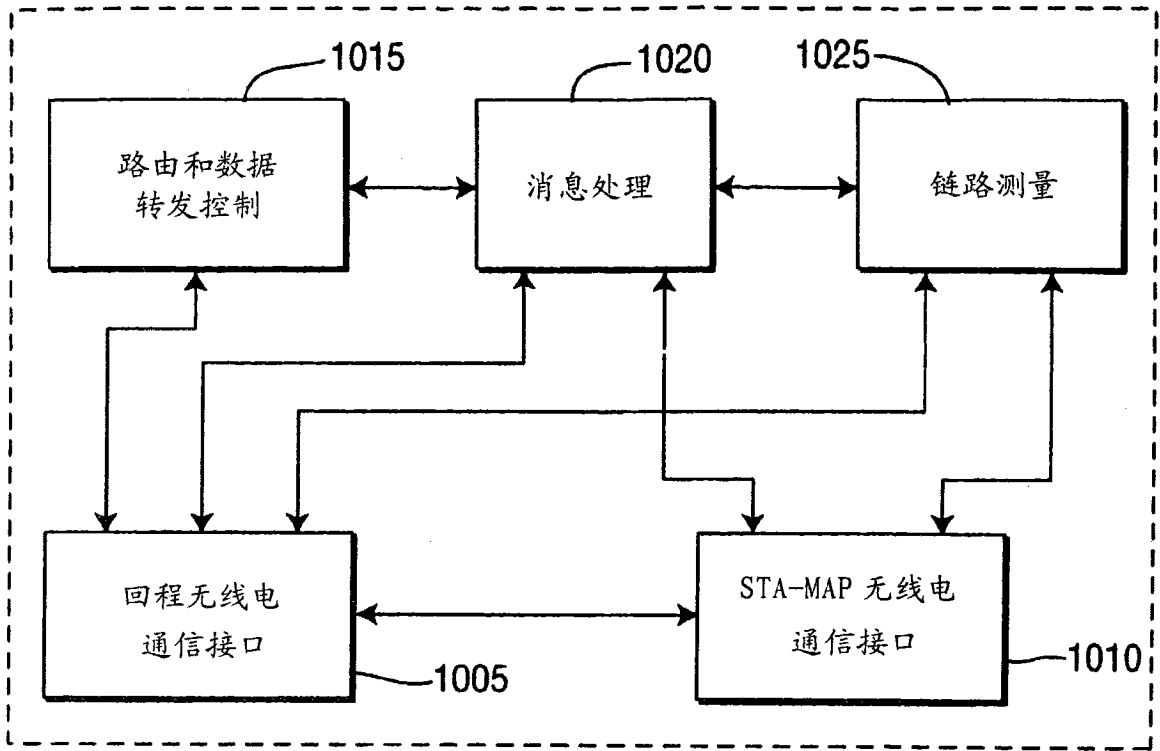


图 10

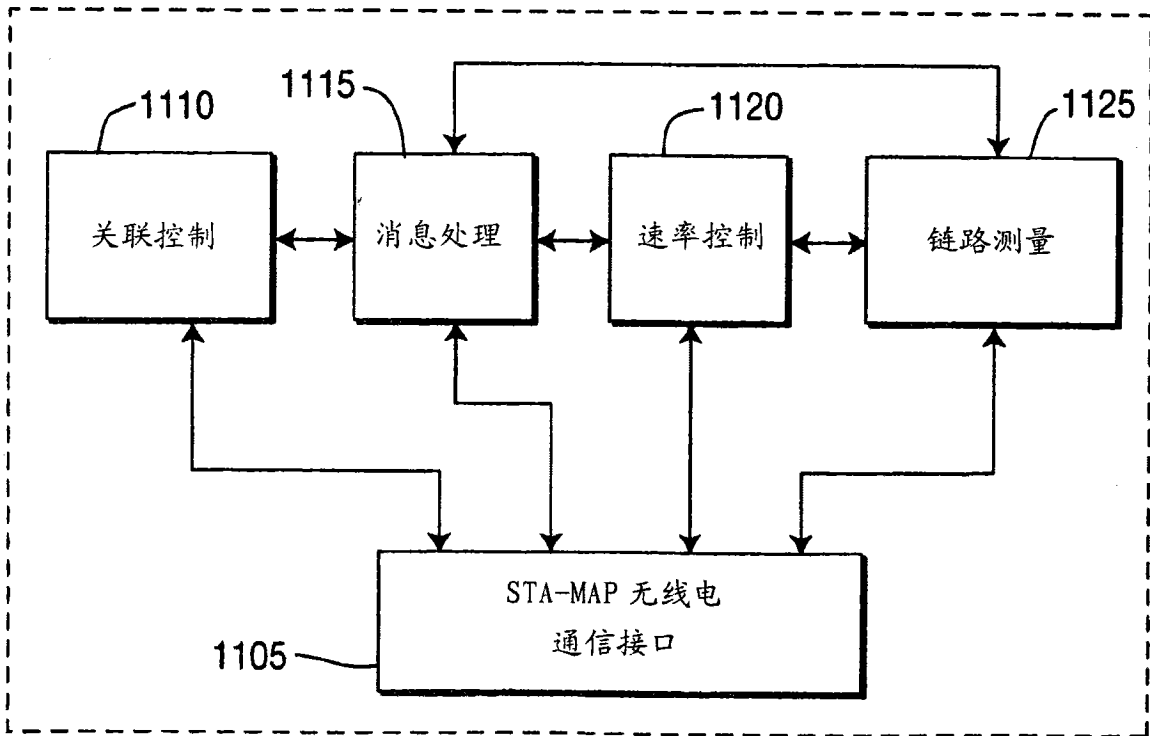


图 11