



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103731835 A

(43) 申请公布日 2014. 04. 16

(21) 申请号 201410012722. 9

(22) 申请日 2014. 01. 10

(71) 申请人 西安电子科技大学

地址 710071 陕西省西安市太白南路 2 号

(72) 发明人 蔡雪莲 陈睿 张瑜 郭超

李长乐

(74) 专利代理机构 陕西电子工业专利中心

61205

代理人 程晓霞 王品华

(51) Int. Cl.

H04W 16/02(2009. 01)

H04W 80/02(2009. 01)

权利要求书2页 说明书9页 附图5页

(54) 发明名称

一种实现单播及广播的 MIMO MAC 协议方法

(57) 摘要

本发明公开了一种实现单播及广播的 MIMO MAC 协议方法。实现过程包括中心节点分配时隙;发送节点时隙判断;发送节点业务判断;目的节点回复策略选择;发送节点发送数据流数目选择;目的节点确认完成一次完整传输。本发明采用了非预约的时隙分配,利用节点当前状态的跨层信息分配时隙;结合单播及广播的业务特点;引入 MIMO 技术,实现了基于 STDMA,无需获取网络拓扑,时隙分配算法简单且合理,有节点业务 QoS 保证,网络吞吐量大的一种实现单播及广播的 MIMO MAC 协议方法。用于业务类型多样化的动态 Ad hoc 网络中节点的时隙分配和业务传输。



1. 一种实现单播及广播的 MIMO MAC 协议方法,其特征在于:时隙分配初始化无需得到全网的拓扑结构,具体协议执行过程包括有以下步骤:

步骤 1,网络中各竞争区域的中心节点分配时隙;

1a) 每个时隙周期的开始阶段,网络中所有节点发送 Hello 分组,每个节点根据收到的 Hello 分组个数统计其邻节点密度信息;

1b) 针对每个节点  $i$ ,将其邻节点密度信息以及本节点即将发送分组的优先级信息分别加权后求和,利用跨层的方法得到  $Q_i$  值,即时隙因子;

1c) 各节点将各自的时隙因子发送给节点所处竞争区域的中心服务节点;

1d) 中心服务节点根据收到的各节点发送的时隙因子来给竞争区域内所有节点分配时隙,时隙因子越大,则对应的节点时隙分配顺序越靠前;

1e) 时隙分配过程结束后,进入业务分组传输阶段;

步骤 2,节点进行时隙判断,当节点有分组发送需求时,首先判断当前时隙是否是分配给自己的时隙;

如果当前时隙是分配给自己的时隙,则节点不侦听,直接发送分组;

如果当前时隙不是分配给自己的时隙,则节点侦听信道,若信道空闲,则发送分组;若信道忙,则延迟发送至下一个时隙从步骤 2 开始执行;

步骤 3,节点进行业务判断

如果节点有单播分组需要发送,则向目的节点发送 RTS 分组;

如果节点有广播分组需要发送,则向目的节点发送 DATA 分组,此时,若是在分配给节点的时隙上,节点用全天线发送数据流;若不是分配给节点的时隙,节点用单天线发送数据流;

步骤 4,目的节点接收到 RTS 分组或广播分组后,回复 CTS 分组的策略

当目的节点只接收或侦听到了 RTS 分组,则目的节点有三种不同的 CTS 分组回复策略;其中,当目的节点只收到一个发送给它的 RTS 分组并且没有侦听到其它分组传输,目的节点给发送节点回复一个  $CTS_1$  分组;当目的节点收到了 1 个发给它的 RTS 分组并且没有侦听到其它分组传输,目的节点回复  $CTS_2$  分组给所有目的地址是本节点的发送节点;当目的节点收到了 1 个发给它的 RTS 分组并且侦听到其它分组传输,目的节点回复  $CTS_3$  分组给所有目的地址是本节点的发送节点;

当目的节点不仅收到了 RTS 分组还收到广播的 DATA 分组,则该目的节点放弃 CTS 分组回复;

如果目的节点只收到了广播的 DATA 分组,则转步骤 6;

步骤 5,发送节点利用 MIMO 多天线抑制干扰的特性进行发送数据流数目选择

如果是单播业务,发送节点根据收到的 CTS 分组类型来控制自己发送数据流的数目;其中,若发送节点收到目的节点回复的  $CTS_1$  分组,则发送节点传输  $M$  个 DATA 流;若发送节点收到目的节点回复的  $CTS_2$  分组,则发送节点传输  $\lfloor M/1 \rfloor$  ( $\lfloor M/1 \rfloor$  指的是小于  $M/1$  的最大整数) 个 DATA 流;若发送节点收到了目的节点回复的  $CTS_3$  分组,则发送节点传输 1 个 DATA 流;若发送节点没有接收到目的节点回复的 CTS 分组或接收 CTS 分组超时,认为本次传输失败,等到下一时隙,转步骤 2;

如果是广播业务,在分配给节点的时隙上,节点用全天线发送数据流;若不是分配给节点的时隙,节点用单天线发送数据流;

步骤6,目的节点发送确认分组的策略

如果是单播业务,数据流被目的节点成功接收后,则目的节点回复ACK分组给发送节点,确认本次传输成功;否则认为本次传输失败,发送节点等到下一个时隙从步骤2开始执行;

如果是广播业务,则目的节点不进行确认,发送节点默认本次传输成功;

上述过程中,每个发送节点或目的节点仅以一个数据流交换RTS/CTS/ACK分组。

2. 根据权利要求1中所述的一种实现单播及广播的MIMO MAC协议方法,其特征在于,步骤1a)中所述的基于Hello分组统计邻节点密度信息,该密度信息为每个节点的邻节点个数。

3. 根据权利要求2中所述的一种实现单播及广播的MIMO MAC协议方法,其特征在于,步骤1b)中所述的将各节点统计的邻节点密度信息与本节点即将发送分组的优先级信息分别加权后求和的算法如下:

$$Q_i = W_{d_i} d_i + W_{p_i} p_i$$

$$(W_{d_i} = \frac{d_i}{\sum_{i=1}^n d_i}, \sum_{i=1}^n W_{d_i} = 1; W_{p_i} = \frac{(7-p_i)}{\sum_{i=1}^n (7-p_i)}, \sum_{i=1}^n W_{p_i} = 1)$$

其中, $Q_i$ 表示节点*i*的邻节点密度 $d_i$ 与它即将发送分组的优先级 $p_i$ 分别加权后,求和的值,即时隙因子; $W_{d_i}$ 和 $W_{p_i}$ 分别表示节点*i*的邻节点密度 $d_i$ 和该节点即将发送分组优先级 $p_i$ 的加权因子, $n$ 表示竞争区域中的节点数目。

## 一种实现单播及广播的 MIMO MAC 协议方法

- [0001] 缩略语和关键术语定义
- [0002] STDMA Space Time Division Multiple Access 空间时分多址接入
- [0003] MIMO Multiple Input Multiple Output 多输入多输出
- [0004] MAC Medium Access Control 媒质接入控制
- [0005] QoS Quality of Service 服务质量
- [0006] CSMA/CA Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection 载波感知冲突检测
- [0007] RTS Request To Send 请求发送
- [0008] CTS Clear To Send 确认发送
- [0009] ACK Acknowledge 确认

### 技术领域

[0010] 本发明属于无线网络通信技术领域,结合单播及广播业务特点,主要涉及多输入多输出(MIMO)技术和无线多跳移动自组织网络多址接入及传输领域。具体是基于 STDMA 提出一种实现单播及广播的 MIMO MAC 协议方法,用于业务类型多样化的动态 Ad hoc 网络中节点的时隙分配和业务传输。

### 背景技术

[0011] Ad hoc 网络不依赖于固定的通信基础设施,各节点施行分布式操作,网络拓扑具有任意性的特点。随着无线通信技术的飞速发展,移动 ad hoc 网络(Mobile Ad hoc Network, MANET)被认为是最关键的技术之一,在军事、抢险、救灾及应急通信领域有着广泛的应用前景。目前的 Ad hoc 网络主要采用基于 CSMA/CA 的 802.11x 系列或 802.15.4 作为 MAC 协议,但作为一种竞争型的多址接入协议,当节点数较多或业务量较大时,CSMA/CA 协议无法保证节点业务的 QoS。为了实现具有 QoS 保证的大规模 Ad hoc 网络,可以采用 TDMA 机制来减少碰撞,提高网络吞吐量。

[0012] 目前针对 Ad hoc 网络的 TDMA 机制的多址接入方法有许多,不过这些方法大多引入预约机制来分配时隙,会造成网络负担,另外还有一些协议采用分配型方法,分配型方法则需要得到全网的拓扑结构,会造成较大的网络开销。此外,单纯的 TDMA 多址接入方法无法形成对信道的充分复用,信道利用率比较低。因此现有的一些协议引入了空间时分多址接入(STDMA)机制,通过复用来充分利用 Ad hoc 网络的信道。但这些协议都是基于单天线,且时隙划分的依据没有同时兼顾单播及广播业务的 QoS,不能很好的满足同时具有单播及广播业务需求的节点在网络中进行通信。

[0013] 多天线 MIMO 技术,可以在不增加系统带宽和传输功率的前提下,成倍地提高无线信道的信道容量。如果不同发射-接收天线对之间的信道衰落相互独立,在相同的发射功率和带宽下,一个拥有 M 个发射天线和 N 个接收天线的 MIMO 系统能达到的信道容量为现有的单天线系统的  $\min(M, N)$  倍,从而提供了当前其它技术无可比拟的容量提升潜力。

[0014] 综上所述,现有的针对 Ad hoc 网络的 STDMA 时隙分配方法中存在以下缺陷:

[0015] 1. 时隙申请过程大多引入预约,且没有利用节点当前状态信息,在现实应用中具有局限性;

[0016] 2. 时隙分配过程中需要得到全网的拓扑结构,会造成较大的网络开销;

[0017] 3. 单输入单输出模式不能很好地提高网络吞吐量;

[0018] 4. 时隙分配的方法过程复杂,开销大;

[0019] 5. 没有同时兼顾单播及广播业务的 QoS。

[0020] 本发明项目组对国内外专利文献和公开发表的期刊论文检索,尚未发现与本发明密切相关或者一样的报道和文献。

## 发明内容

[0021] 本发明所要解决的技术问题

[0022] 为了克服目前针对 Ad hoc 网络的 STDMA 时隙分配方法缺陷,利用跨层设计的理念,结合单播及广播的业务特点,并引入 MIMO 关键技术,本发明提出一种基于 STDMA,无需获取网络拓扑,时隙分配算法简单且合理,有节点业务 QoS 保证,网络吞吐量大的一种实现单播及广播的 MIMO MAC 协议方法。

[0023] 本发明的时隙分配初始化无需得到全网的拓扑结构,具体协议执行过程包括有以下步骤:

[0024] 步骤 1,网络中各竞争区域的中心节点分配时隙

[0025] 1a) 每个时隙周期的开始阶段,网络中所有节点发送 Hello 分组,每个节点根据收到的 Hello 分组个数统计其邻节点密度信息。

[0026] 1b) 针对每个节点  $i$ ,将其邻节点密度信息以及本节点即将发送分组的优先级信息分别加权后求和,利用跨层的方法得到  $Q_i$  值,即时隙因子。本节点即将发送分组的优先级信息是节点自带的,无需统计,可直接使用。

[0027] 1c) 各节点将各自的时隙因子发送给节点所处竞争区域的中心服务节点。

[0028] 1d) 中心服务节点根据收到的各节点发送的时隙因子来给竞争区域内所有节点分配时隙,时隙因子越大,则对应的节点时隙分配顺序越靠前。

[0029] 1e) 时隙分配过程结束后,进入业务分组传输阶段。

[0030] 步骤 2,节点进行时隙判断,当节点有分组发送需求时,首先判断当前时隙是否是分配给自己的时隙

[0031] 如果当前时隙是分配给自己的时隙,则节点不侦听,直接发送。

[0032] 如果当前时隙不是分配给自己的时隙,则节点侦听信道,若信道空闲,则发送;若信道忙,则延迟发送至下一个时隙转至步骤 2 开始执行。

[0033] 步骤 3,节点进行业务判断

[0034] 如果节点有单播分组需要发送,则向目的节点发送 RTS 分组。

[0035] 如果节点有广播分组需要发送,则向目的节点发送 DATA 分组,此时如果在分配给节点的时隙上,节点用全天线发送数据流,若不是分配给节点的时隙,节点用单天线发送数据流。

[0036] 步骤 4,目的节点接收到 RTS 分组后,回复 CTS 分组的策略

[0037] 当目的节点只接收或侦听到了 RTS 分组,则目的节点有三种不同的 CTS 分组回复策略;其中,当目的节点只收到一个发送给它的 RTS 分组并且没有侦听到其它分组传输,目的节点给发送节点回复一个 CTS<sub>1</sub> 分组;当目的节点收到了 1 个发给它的 RTS 分组并且没有侦听到其它分组传输,目的节点回复 CTS<sub>2</sub> 分组给所有目的地址是本节点的发送节点;当目的节点收到了 1 个发给它的 RTS 分组并且侦听到其它分组传输,目的节点回复 CTS<sub>3</sub> 分组给所有目的地址是本节点的发送节点。

[0038] 当目的节点不仅收到了 RTS 分组还收到广播的 DATA 分组,则该目的节点放弃 CTS 分组回复。

[0039] 如果目的节点只收到了广播的 DATA 分组,则转步骤 6。

[0040] 步骤 5,发送节点利用 MIMO 多天线抑制干扰的特性进行发送数据流数目选择,对有可能的冲突分解

[0041] 如果是单播业务,发送节点根据收到的 CTS 分组类型来控制自己发送数据流的数目;其中,若发送节点收到目的节点回复的 CTS<sub>1</sub> 分组,则发送节点传输 M 个 DATA 流;若发送节点收到目的节点回复的 CTS<sub>2</sub> 分组,则发送节点传输  $\lfloor M/N \rfloor$  个 DATA 流;若发送节点收到了目的节点回复的 CTS<sub>3</sub> 分组,则发送节点传输 1 个 DATA 流;若发送节点没有接收到目的节点回复的 CTS 分组或接收 CTS 分组超时,认为本次传输失败,等到下一时隙,转步骤 2。

[0042] 如果是广播业务,在分配给节点的时隙上,节点用全天线发送数据流;若不是分配给节点的时隙,节点用单天线发送数据流。

[0043] 步骤 6,目的节点发送确认分组的策略

[0044] 如果是单播业务,数据流被目的节点成功接收后,则目的节点回复 ACK 分组给发送节点,确认本次传输成功;否则认为本次传输失败,发送节点等到下一个时隙从步骤 2 开始执行。

[0045] 如果是广播业务,则目的节点不进行确认,发送节点默认本次传输成功。

[0046] 上述过程中,每个发送节点或目的节点仅以一个数据流交换 RTS/CTS/ACK 分组,这样有利于接收节点冲突分解。

[0047] 为了克服目前基于 STDMA 机制的 Ad hoc 网络时隙分配方法缺陷,本发明结合单播及广播业务特点,并引入 MIMO 关键技术,提出非预约的,基于 STDMA 的一种实现单播及广播的 MIMO MAC 协议方法,主要实现节点的时隙分配及业务传输。

[0048] 本发明在步骤 1a)中所述的基于 Hello 分组统计邻节点密度信息为每个节点的邻节点个数。时隙分配初始化无需得到全网的拓扑结构,减少了网络开销。

[0049] 本发明在步骤 1b)中所述的将各节点统计的邻节点密度信息与本节点即将发送分组的优先级信息分别加权后求和的算法如下:

$$Q_i = W_{d_i} d_i + W_{p_i} p_i$$

$$[0050] \quad (W_{d_i} = \frac{d_i}{\sum_{i=1}^n d_i}, \sum_{i=1}^n W_{d_i} = 1; \quad W_{p_i} = \frac{(7-p_i)}{\sum_{i=1}^n (7-p_i)}, \sum_{i=1}^n W_{p_i} = 1)$$

[0051] 这里,  $Q_i$  表示节点 i 的邻节点密度  $d_i$  与它即将发送分组的优先级  $p_i$  分别加权后,求和的值,即时隙因子;  $W_{d_i}$  和  $W_{p_i}$  分别表示节点 i 的邻节点密度  $d_i$  和该节点即将发送分组优先级  $p_i$  的加权因子, n 表示竞争区域中的节点数目。

[0052] 本发明在步骤 1a) 和 1b) 中采用自上而下跨层设计的方法, 将网络层跟数据链路层结合在一起考虑, 收集并交换层之间相互影响的重要信息及数据, 以达到优化系统的目的。

[0053] 本发明根据单播及广播的业务特点, 由中心节点来对竞争区域中的节点进行时隙分配, 分配过程使用一种加权算法, 减少了时隙分配的算法开销; 采用自上而下跨层的理念, 使网络层和数据链路层的信息结合来优化节点的多址接入; 采用 MIMO 的流控技术提高了网络吞吐量。

[0054] 本发明与现有技术对比所具有的技术优点

[0055] (1) 采用了跨层设计的理念, 该协议将网络层跟数据链路层结合在一起考虑, 利用跨层的方法, 收集并交换层之间相互影响的重要信息及数据, 以达到优化系统的目的。

[0056] (2) 网络开销小, 现有针对 Ad hoc 网络的 STDMA 方法需要得到全网的拓扑结构或全网的节点数目, 会造成较大的网络开销。本发明中的每个节点只需要知道自己的邻节点个数, 无需得到全网的拓扑结构, 减少了网络开销。

[0057] (3) 时隙划分更为合理且复杂度低, 在现有的基于 STDMA 机制的时隙划分方法中, 根据节点与中心节点的距离及时隙利用率, 通过模糊逻辑方法, 调整划分给节点的时隙长短, 划分依据没有考虑到业务优先级及广播业务的特点, 且模糊逻辑的使用增加了方法开销。本发明中利用跨层方法将节点的邻节点密度信息和即将发送分组的业务优先级信息加权后求和, 根据这个和值来给节点划分时隙, 兼顾了单播及广播业务的特点, 以此提高网络 QoS 保证, 同时简单的加权算法减少了开销。

[0058] (4) 可进行冲突分解, 在现有技术中, 分配给节点的时隙节点进行发送时, 不支持 MIMO 技术。而本发明支持 MIMO 链路, 利用 MIMO 多天线抑制干扰的特性, 对有可能的冲突进行分解。

[0059] 总之, 本发明结合了单播及广播的业务特点, 通过加权算法对移动 Ad hoc 网络中的节点进行动态的空分时隙分配, 使得时隙分配结果可以随着节点的移动和网络的拓扑改变而自适应的变化, 时隙划分方法复杂度低且更为合理, 更好的保证了节点业务的 QoS, 同时利用 MIMO 的流控关键技术, 提高了网络吞吐量。

## 附图说明

[0060] 图 1 是本发明的 Ad hoc 网络拓扑示意图;

[0061] 图 2 是本发明的时隙分配帧结构示意图;

[0062] 图 3 是本发明发送节点的工作流程示意图;

[0063] 图 4 是本发明目的节点的工作流程示意图;

[0064] 图 5 是节点在分配给其的时隙发送单播分组的传输示意图;

[0065] 图 6 是节点占用未分配给其的空闲时隙发送单播分组且目的节点收到多个 RTS 分组的传输示意图;

[0066] 图 7 是节点占用未分配给其的空闲时隙发送单播分组, 目的节点收到 RTS 分组且侦听到其它分组时的传输示意图;

[0067] 图 8 是节点占用未分配给其的空闲时隙发送广播分组示意图。

**具体实施方式：**

[0068] 在本发明中,假设采用的 Ad hoc 网络拓扑如图 1 所示,网络中的所有节点的天线数目为 4。时隙分配帧结构参见图 2。若一个区域中两个移动节点使用相同时隙通信会导致数据包碰撞,那么该区域就称为一个竞争区域。每个竞争区域包含一个中心服务节点,用来根据竞争区域中移动节点的邻节点密度信息和移动节点即将发送分组的优先级信息分别加权后的求和值,来动态调整分配给节点的时隙顺序。为了使各竞争区域的中心服务节点之间的干扰影响达到最小,中心服务节点之间要达到一定的距离。如图 1 中所示,竞争区域 A, B, C 的中心服务节点分别为节点 1, 2, 3。其中同一竞争区域内的一跳节点范围内的节点是相互通信的,两跳节点范围内是相互侦听的。以下以竞争区域 A 中的传输情况为例,结合附图来详述本发明：

**[0069] 实施例 1**

[0070] 针对目前基于 STDMA 机制的 Ad hoc 网络时隙分配方法缺陷,本发明提出一种实现单播及广播的 MIMO MAC 协议方法,每个节点只需要知道自己的邻节点个数,时隙分配过程无需得到全网的拓扑结构。具体协议执行过程包括有以下步骤：

[0071] 步骤 1, 在每个时隙周期的开始阶段,网络中的所有中心节点都会给它所处竞争区域内的所有节点分配时隙,过程如下：

[0072] 1a) 每个时隙周期的开始阶段,网络中所有节点发送 Hello 分组,每个节点根据收到的 Hello 分组个数统计其邻节点密度信息,该密度信息为每个节点的邻节点个数。时隙分配初始化无需得到全网的拓扑结构,只需得到每个节点的邻节点个数即可。

[0073] 1b) 针对每个节点  $i$ , 将其邻节点密度信息以及本节点即将发送分组的优先级信息分别加权后求和,利用跨层的方法得到  $Q_i$  值,即时隙因子。得到时隙因子的加权算法如下：

$$[0074] \quad Q_i = W_{d_i} d_i + W_{p_i} p_i$$

$$[0075] \quad (W_{d_i} = \frac{d_i}{\sum_{i=1}^n d_i}, \sum_{i=1}^n W_{d_i} = 1; \quad W_{p_i} = \frac{(7-p_i)}{\sum_{i=1}^n (7-p_i)}, \sum_{i=1}^n W_{p_i} = 1)$$

[0076] 其中,  $Q_i$  表示节点  $i$  的邻节点密度  $d_i$  与它即将发送分组的优先级  $p_i$  分别加权后,求和的值,即时隙因子;  $W_{d_i}$  和  $W_{p_i}$  分别表示节点  $i$  的邻节点密度  $d_i$  和该节点即将发送分组优先级  $p_i$  的加权因子,  $n$  表示竞争区域中的节点数目。

[0077] Hello 分组为网络层分组,优先级信息为 MAC 层信息,通过加权算法将这两种信息结合在一起。因此,本发明中采用自上而下跨层设计的方法,将网络层的跟数据链路层结合在一起考虑,利用跨层的方法,收集并交换层之间相互影响的重要信息及数据,以达到优化系统的目的。

[0078] 1c) 各节点将各自的时隙因子发送给节点所处竞争区域的中心服务节点。

[0079] 1d) 中心服务节点根据收到的各节点发送的时隙因子来给竞争区域内所有节点分配时隙,时隙因子越大,则对应的节点时隙分配顺序越靠前。

[0080] 本发明的时隙分配属非预约的时隙分配,由中心节点统一分配,减少了由于预约碰撞而带来的网络开销。

[0081] 时隙分配过程结束后,各节点进入传输阶段。

[0082] 步骤 2, 当节点有分组发送需求时,首先判断当前时隙是否是分配给自己的时隙：



[0083] 如果当前时隙是分配给自己的时隙,则节点不侦听,直接发送,此时不会产生碰撞。如果当前时隙不是分配给自己的时隙,则节点侦听信道,若信道空闲,则发送;若信道忙,则延迟发送至下一个时隙,再转至步骤 2 进行时隙判断。

[0084] 步骤 3,节点对时隙判断或选择完成后,再根据不同业务发送需求来决定要发送的分组:

[0085] 如果节点有单播分组需要发送,则向目的节点发送 RTS 分组。如果节点有广播分组需要发送,则向目的节点发送 DATA 分组,此时,如果是在分配给节点的时隙上,节点用全天线发送数据流;若不是分配给节点的时隙,为避免冲突,节点用单天线发送数据流。

[0086] 步骤 4,目的节点接收到 RTS 分组或广播分组后,回复 CTS 分组的策略:

[0087] 当目的节点只接收或侦听到了 RTS 分组,则目的节点有三种不同的 CTS 分组回复策略;其中,当目的节点只收到一个发送给它的 RTS 分组并且没有侦听到其它分组传输,目的节点给发送节点回复一个  $CTS_1$  分组;当目的节点收到了 1 个发给它的 RTS 分组并且没有侦听到其它分组传输,目的节点回复  $CTS_2$  分组给所有目的地址是本节点的发送节点;当目的节点收到了 1 个发给它的 RTS 分组并且侦听到其它分组传输,则目的节点得知竞争区域中有其它传输链路存在,由于不确定其它传输使用的数据流个数,为避免冲突,提高吞吐量目的节点回复  $CTS_3$  分组给所有目的地址是本节点的发送节点。

[0088] 当目的节点不仅收到了 RTS 分组还收到广播的 DATA 分组,则该目的节点放弃 CTS 分组回复。

[0089] 步骤 5,发送节点发送不同的业务类型时,利用 MIMO 多天线抑制干扰的特性进行发送数据流数目选择,对有可能的冲突分解:

[0090] 如果是单播业务,发送节点根据收到的 CTS 分组类型来控制自己发送数据流的数目;其中,若发送节点收到目的节点回复的  $CTS_1$  分组,则发送节点传输  $M$  个 DATA 流;若发送节点收到目的节点回复的  $CTS_2$  分组,则发送节点传输  $\lfloor M/1 \rfloor$  ( $\lfloor M/1 \rfloor$  指的是小于  $M/1$  的最大整数) 个 DATA 流;若发送节点收到了目的节点回复的  $CTS_3$  分组,得知竞争区域中有其它传输链路存在,由于不确定其它传输使用的数据流个数,为避免冲突,提高吞吐量,则发送节点传输 1 个 DATA 流;若发送节点没有接收到目的节点回复的 CTS 分组或接收 CTS 分组超时,认为本次传输失败,等到下一时隙,再进行时隙判断。

[0091] 如果是广播业务,在分配给节点的时隙上,节点用全天线发送数据流;若不是分配给节点的时隙,为避免冲突,节点用单天线发送数据流。

[0092] 步骤 6,在发送节点选择合适的数据流数目发送完 DATA 分组后,目的节点发送确认分组的策略

[0093] 如果是单播业务,数据流被目的节点成功接收后,则目的节点回复 ACK 分组给发送节点,确认本次传输成功;否则认为本次传输失败,发送节点等到下一个时隙再进行时隙判断。

[0094] 如果是广播业务,则目的节点不进行确认,发送节点默认本次传输成功。

[0095] 上述过程中,每个发送节点或目的节点仅以一个数据流交换 RTS/CTS/ACK 分组,这样有利于接收节点冲突分解。

[0096] 在现有的基于 STDMA 机制的时隙划分方法中,通过模糊逻辑方法,调整划分给节点的时隙长短,增加了方法开销,且划分依据没有考虑到业务优先级及广播业务的特点。本

发明中将节点的邻节点密度信息和即将发送分组的业务优先级信息加权后求和,根据这个和值来给节点划分时隙,时隙划分更为合理且复杂度低,同时兼顾了单播及广播业务的特点,提高了网络业务的 QoS 保证。

#### [0097] 实施例 2

[0098] 一种实现单播及广播的 MIMO MAC 协议方法同实施例 1。

[0099] 图 3 是发送节点在分配到时隙后,要进行数据业务传输时的操作流程图,也是本发明发送节点的信号操作流程图。结合图 3,对本发明中的发送节点在时隙分配结束后,按照一种实现单播及广播的 MIMO MAC 协议方法来实现数据传输的流程说明如下。

[0100] 首先,发送节点进行时隙判断,如果当前时隙是分配给自己的时隙,则节点不侦听,直接发送分组,此时,如果是单播业务,则发送 RTS 分组,如果是广播业务,则用全天线发送 DATA 分组,此时不会产生碰撞。否则,即当前时隙不是分配给节点的时隙,节点侦听信道,若信道空闲,则发送,此时,如果节点有单播分组需要发送,则向目的节点发送 RTS 分组,如果节点有广播分组需要发送,为避免多个节点同时发送广播业务时的冲突,则用一根天线向目的节点发送 DATA 分组。若信道忙,则延迟发送至下一个时隙,再进行时隙判断。向目的节点发送完 RTS 分组后的发送节点根据目的节点回复的 CTS 分组类型,来进行发送数据流数目的选择,若发送节点收到目的节点回复的  $CTS_1$  分组,则发送节点传输  $M$  个 DATA 流;若发送节点收到目的节点回复的  $CTS_2$  分组,则发送节点传输  $\lfloor M/I \rfloor$  个 DATA 流;若发送节点收到了目的节点回复的  $CTS_3$  分组,得知竞争区域中有其它传输链路存在,由于不确定其它传输使用的数据流个数,为避免冲突,提高吞吐量,则发送节点传输 1 个 DATA 流;若发送节点没有接收到目的节点回复的 CTS 分组或接收 CTS 分组超时,认为本次传输失败,等到下一时隙,再进行时隙判断。最后,成功发送了 DATA 单播分组的发送节点会收到目的节点回复的 ACK 分组,表明本次传输成功,否则,本次传输失败,等到下一时隙,再进行时隙判断;若发送节点发送的是广播分组,则不需要目的节点的 ACK 分组确认,默认本次传输成功。

[0101] 本发明中发送节点在发送分组时同时考虑到了不同的业务类型,即单播跟广播业务。发送流程中加入了业务判断的步骤,根据不同的业务类型,选择不同的发送分组,使协议可以在有不同业务类型的网络中也可以很好的运行。其中,对于广播分组,根据当前时隙是否是分配给节点的时隙,节点选择不同的数据流数目发送分组,有效避免了冲突。

#### [0102] 实施例 3

[0103] 一种实现单播及广播的 MIMO MAC 协议方法同实施例 1。

[0104] 图 4 是目的节点在时隙分配结束后,网络进入数据业务传输阶段后接收到 RTS 分组或者广播分组后的操作流程图,也是本发明目的节点的信号操作流程图。结合图 4,对本发明中的目的节点在时隙分配结束后,按照一种实现单播及广播的 MIMO MAC 协议方法来实现数据传输的流程说明如下。

[0105] 当目的节点只收到一个发送给它的 RTS 分组并且没有侦听到其它分组传输,目的节点给发送节点回复一个  $CTS_1$  分组;当目的节点收到了 1 个发给它的 RTS 分组并且没有侦听到其它分组传输,目的节点回复  $CTS_2$  分组给所有目的地址是本节点的发送节点;当目的节点收到了 1 个发给它的 RTS 分组并且侦听到其它分组传输,则目的节点得知竞争区域中有其它传输链路存在,由于不确定其它传输使用的数据流个数,为避免冲突,提高吞吐量目的节点回复  $CTS_3$  分组给所有目的地址是本节点的发送节点;当目的节点不仅收到了 RTS 分

组还收到广播的 DATA 分组,则该目的节点放弃 CTS 分组回复。接下来,目的节点如果成功接收到单播的 DATA 分组,则给发送节点回复 ACK 分组,确认本次传输成功;若目的节点接收到的是广播分组,则不给发送节点回复 ACK 分组确认。

[0106] 本发明中的目的节点针对收到的不同分组类型有不同的回复策略,区别开了单播跟广播业务,即目的节点对单播跟广播业务有不同的处理流程,使得该协议兼容单播跟广播业务,网络中的业务类型可以多样化。

[0107] 实施例 4

[0108] 一种实现单播及广播的 MIMO MAC 协议方法同实施例 1,2,3。

[0109] 结合图 5,本例着重对本发明执行一种实现单播及广播的 MIMO MAC 协议方法协议时,节点在分配给其的时隙上只发送单播分组的传输过程进行说明。

[0110] 图 5 是节点在分配给其的时隙发送单播分组的传输示意图。根据图 2 所示的时隙帧结构,因为时隙 1 分配给节点 6,所以节点 6 在此时隙的开始阶段直接发起 RTS 分组传输。如果目的节点不是处于竞争区域的重叠区,如节点 7,则目的节点只能收到一个 RTS 分组,此时给发送节点回复  $CTS_1$  分组,通知发送节点 6 可以用 4 根天线并行全速发送 DATA 分组。如果目的节点处于竞争区域重叠区,则有可能同时收到多个 RTS 分组或是广播分组,此时采取相应的 CTS 分组回复策略,根据不同情况来控制发送节点的发送数据流数目,具体同实施例 3 中所述。与此同时,与节点 6 在同一个竞争区域的其它节点,如节点 7,8,9 没有被分配在此时隙,则在时隙开始阶段进行载波侦听,发现信道忙碌,为了避免冲突,没有被分配在此时隙的其它节点在此时隙进入静默状态不进行数据的发送。节点 6 进行了无冲突的发送。

[0111] 本发明中的节点在分配给自己的时隙上传输单播分组,由于目的节点所处的不同地理位置,可能会存在多种收包情况,根据不同的收包情况,目的节点给发送节点回复相应的 CTS 分组,有效的分解了冲突,提高了网络吞吐量。

[0112] 实施例 5

[0113] 一种实现单播及广播的 MIMO MAC 协议方法同实施例 1,2,3。

[0114] 一种实现单播及广播的 MIMO MAC 协议方法中,节点在未分配给其的时隙上,侦听到时隙空闲后可以发送单播分组,由于可能存在多个这样的发送节点,因此目的节点可能会收到多个 RTS 分组。结合图 6,本例针对上述传输情况说明如下。

[0115] 图 6 是节点占用未分配给其的空闲时隙发送单播分组且目的节点收到多个 RTS 分组的传输示意图。在分配节点 6 的时隙 1 中,节点 6 没有数据分组发送。与节点 6 在同一个竞争区域的节点 7 和节点 9 有数据要发送,在时隙 1 开始阶段进行载波侦听,发现信道空闲则进行预约。此时目的节点 8 收到了 2 个发给自己的 RTS 分组,分别给发送节点 7 和节点 9 回复一个  $CTS_2$  分组,通知节点 7 和节点 9 可以并行发送 2 个数据流给节点 8。当节点 8 成功的接收到 DATA 分组以后,分别给节点 7 和节点 9 回复 ACK 分组。该过程中利用到了 MIMO 多天线的多包接收和抑制干扰的特性,节点 6 可以接收和分离来自不同节点的数据流。

[0116] 实施例 6

[0117] 一种实现单播及广播的 MIMO MAC 协议方法同实施例 1,2,3。

[0118] 结合图 7,详细说明本发明中的节点在未分配给其的时隙上,侦听到时隙空闲后发

送单播分组,目的节点可能不仅收到而且侦听到多个 RTS 分组的传输过程。

[0119] 图 7 是节点占用未分配给其的空闲时隙发送单播分组,目的节点收到 RTS 分组且侦听到其它分组时的传输示意图。在分配给节点 6 的时隙 1 中,节点 6 没有数据分组发送,因此未将节点 6 显示在图 7 当中。在时隙的开始阶段,与节点 6 在同一个竞争区域的节点 8 和节点 4 有数据要分别发送给目的节点 9 和节点 5。节点 8 和节点 4 在时隙 1 的开始阶段进行载波侦听,发现信道空闲开始进行预约信道。此时目的节点 9 不仅收到节点 8 发给自己的 RTS 分组,同时也侦听到节点 4 发给节点 5 的 RTS 分组,说明在同一个时隙,同一个竞争域的节点也在占用此时隙。同时节点 5 也不仅收到节点 4 发给自己的 RTS 分组,同时侦听到两跳范围内节点有分组传输。为了传输稳定,目的节点 9 和节点 5 分别给发送节点 8 和节点 4 一个 CTS<sub>3</sub> 分组,以此来通知发送节点用一个数据流来发送。当节点 9 和节点 5 成功的接收到 DATA 分组以后,分别给节点 8 和节点 4 回复 ACK 分组。

[0120] 实施例 5 跟例 6 说明本发明中的节点不仅可以在分配给它的时隙上无冲突的传输单播分组,并且可以通过侦听,预约以及选择合适的数据流数目,在不是分配给它的时隙上也进行无冲突发送,提高了网络吞吐量。

[0121] 实施例 7

[0122] 一种实现单播及广播的 MIMO MAC 协议方法同实施例 1,2,3。

[0123] 本例着重介绍一种实现单播及广播的 MIMO MAC 协议方法中,节点在不是分配给它的时隙上侦听到时隙空闲后,发送广播分组的传输过程。下面结合图 8 来详细说明。

[0124] 图 8 是节点占用未分配给其的空闲时隙发送广播分组示意图。在分配给节点 6 的时隙 1 中,节点没有数据分组发送。与节点 6 在同一个竞争区域的节点 7,节点 9 有广播分组发送,在时隙 1 开始阶段进行载波侦听,发现信道空闲,为避免冲突,用一个数据流发送广播分组。

[0125] 本发明充分考虑了广播业务的特点。节点在不是分配给它的时隙上侦听到时隙空闲后,发送广播分组时,由于考虑到了可能同时有多个发送广播分组的节点,因此节点用一个数据流发送分组,有效的分解了冲突,提高了网络吞吐量,保证了传输可靠性。

[0126] 而对于不同的区域 B,C 中的节点来说,由于与区域 A 处于不同的竞争区域,相互之间没有冲突,因此可以按区域 A 中节点的发送方式进行发送。这样在不同的竞争区域实现了时隙空间复用。

[0127] 本发明是一种实现单播及广播的 MIMO MAC 协议方法。主要针对现有 Ad hoc 网络中给节点分配时隙的方法大多引入预约,且没有利用节点当前状态信息;时隙分配过程中需要得到全网的拓扑结构,会造成较大的网络开销;单输入单输出模式不能很好地提高网络吞吐量;时隙分配的方法过程复杂,开销大;没有同时兼顾单播及广播业务的 QoS 等缺点,本发明通过跨层技术利用节点当前的状态信息来进行时隙分配的方法,结合单播及广播的业务特点,并且引入了 MIMO 关键技术,实现了基于 STDMA,无需获取网络拓扑,时隙分配算法简单且合理,有节点业务 QoS 保证,网络吞吐量大的一种实现单播及广播的 MIMO MAC 协议方法。用于业务类型多样化的动态 Ad hoc 网络中节点的时隙分配和业务传输。

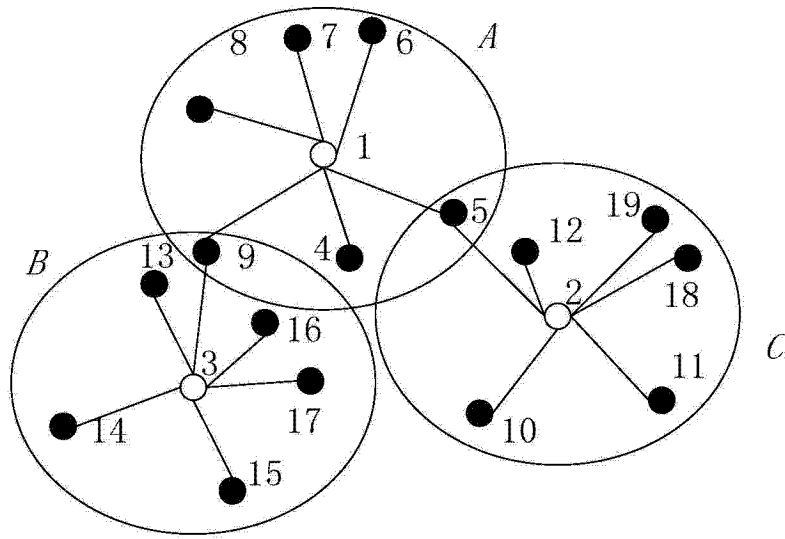


图 1

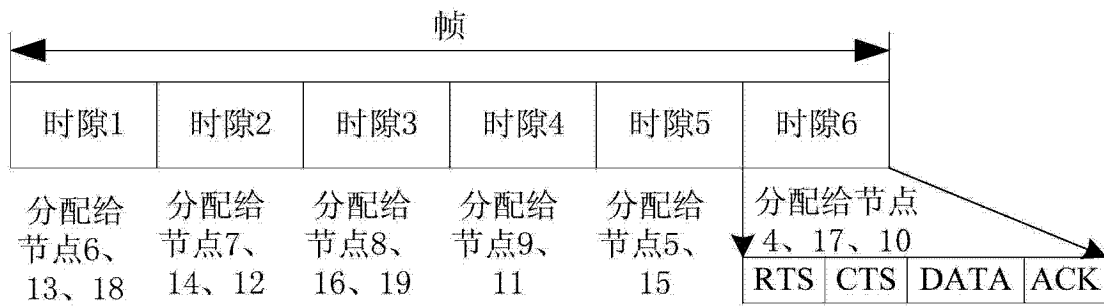


图 2

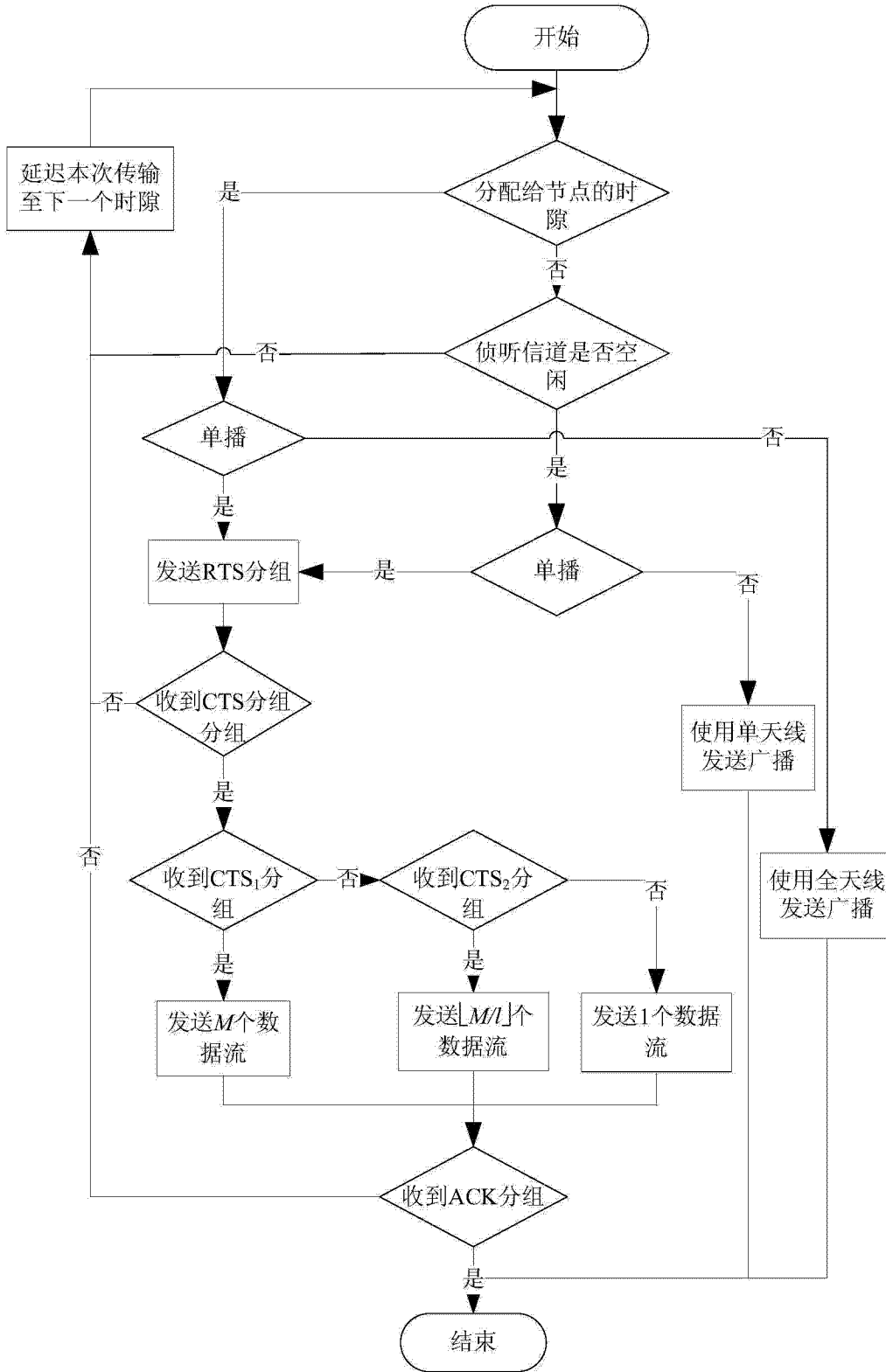


图 3

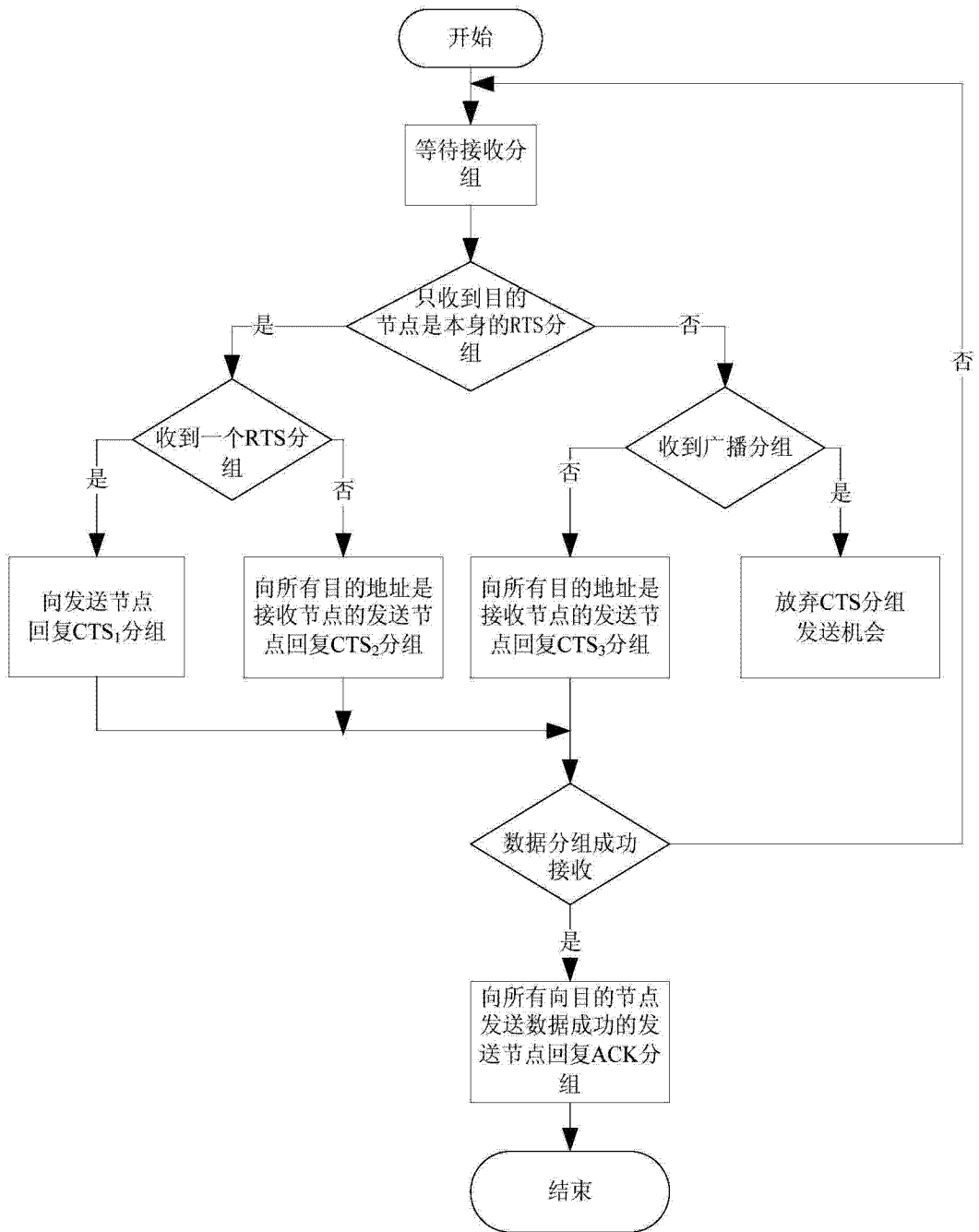


图 4

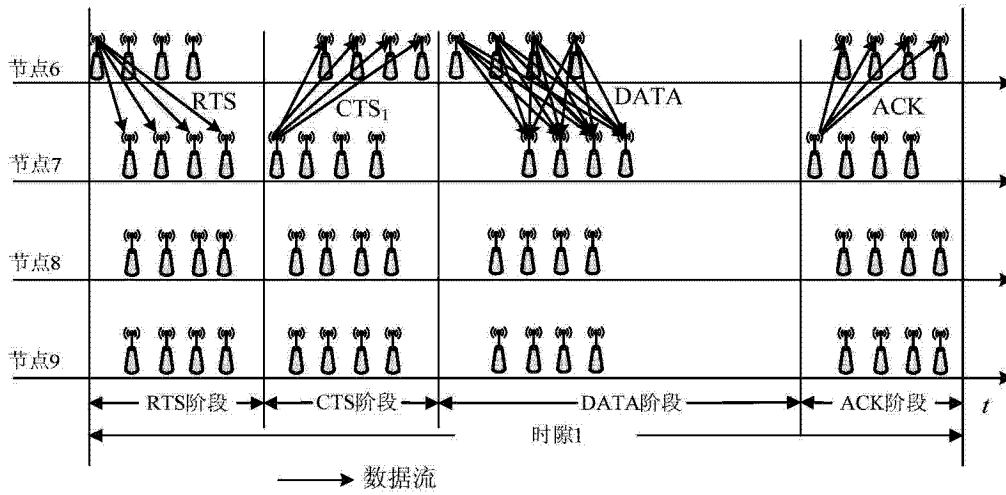


图 5

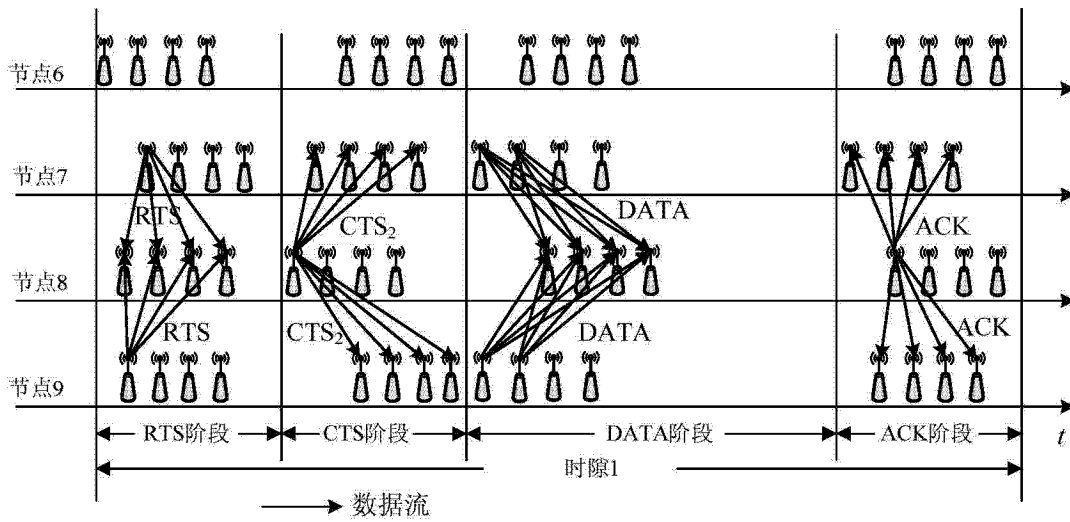


图 6



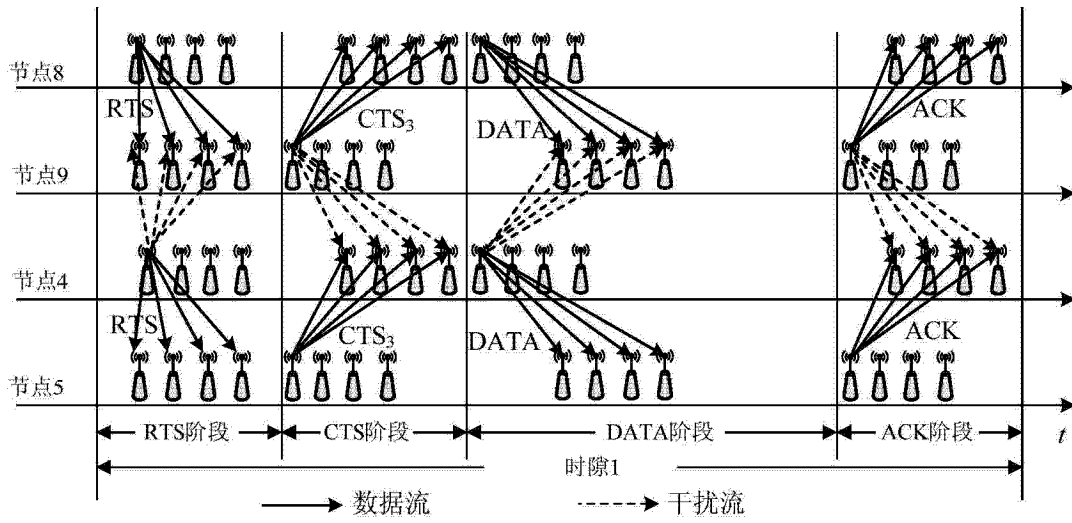


图 7

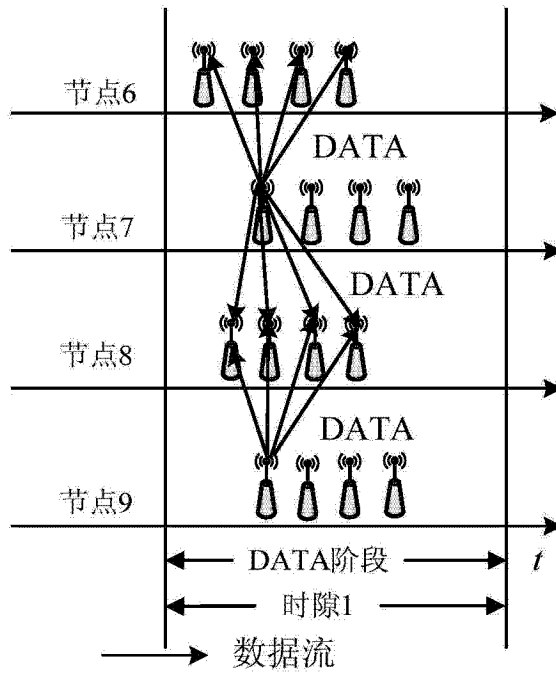


图 8