



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101176311 B

(45) 授权公告日 2013. 01. 02

(21) 申请号 200680016235. 3

(22) 申请日 2006. 05. 12

(30) 优先权数据

60/680, 703 2005. 05. 12 US

60/758, 440 2006. 01. 11 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2007. 11. 12

(86) PCT申请的申请数据

PCT/IB2006/051506 2006. 05. 12

(87) PCT申请的公布数据

W02006/120652 EN 2006. 11. 16

(73) 专利权人 皇家飞利浦电子股份有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

(72) 发明人 H·J·罗莫曼 F·达尔马塞斯

G·R·希特兹 G·S·马克斯

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 王英

(51) Int. Cl.

H04W 24/00 (2009. 01)

(56) 对比文件

CN 1514580 A, 2004. 07. 21, 全文.

CN 1462524 A, 2003. 12. 17, 全文.

附图 1, 7、摘要.

US 20040151147 A1, 2004. 08. 05, 说明书第 0014 段至第 0017 段, 第 0031 段至第 0038 段、.

Pierre Baldi et al. Modeling and optimization of UWB communication networks through a flexible cost function.

IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS 20 9. 2002, 20 (9), 1733-1744.

WEBER S ET AL. Transmission capacity of CDMA ad hoc networks employing successive interference cancellation.

IEEE GLOBAL TELECOMMUNICATIONS CONFERENCE, 2004. 2004, 2838-2842.

HEKMAT R ET AL. INTERFERENCE IN WIRELESS MULTI-HOP AD-HOC NETWORKS AND ITS EFFECT ON NETWORK CAPACITY. WIRELESS NETWORKS 10 4. 2004, 10 (4), 389-399.

审查员 殷跃

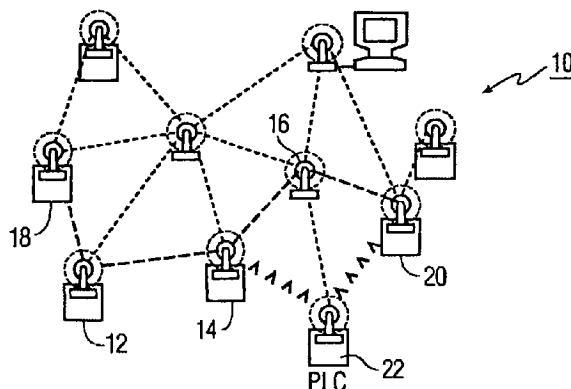
权利要求书 1 页 说明书 11 页 附图 5 页

(54) 发明名称

用于无线网状网络的分布式学习方法和无线网络

(57) 摘要

在无线网状网络中, 网络中的网点使用一种算法来对新的传输机会的成功以及新的传输机会所导致的干扰进行预测。特别地, 提供了网状网络中的网点确定当在相同通信链路上进行另一个传输的同时、是否向另一个网点进行传输的方法。如果网点的传输干扰妨碍了来自另一个网点的同时传输, 则该网点不应该向其他网点进行传输。此外, 如果从发送网点到接收网点的传输在接收网点处将受到来自另一个网点的同时传输的干扰的妨碍, 则不应该从该发送网点向该接收网点进行传输。



1. 一种无线网络 (40), 包括 : 参与到所述无线网络 (40) 中的多个网点 (48、46), 其中, 所述多个网点中的每个网点计算第一载波干扰比 (CoI) 和第二 CoI, 并基于所述第一 CoI 与第一门限值的比较以及所述第二 CoI 与第二门限值的比较, 确定 (84) 所述每个网点自身是否应该向所述多个网点中另一个接收网点进行传输, 其中, 将所述第一 CoI 计算为作为潜在的发射机的所述每个网点自身和作为计划的接收机的所述另一个接收网点之间的加权和与来自另一个网点的同时传输的干扰的商, 将所述第二 CoI 计算为表示所述同时传输的链路的加权和与由作为潜在的发射机的所述每个网点自身所产生的干扰的商。

2. 如权利要求 1 所述的无线网络, 其中, 所述第一 CoI 是接收机的 CoI, 所述第二 CoI 是干扰的 CoI。

3. 如权利要求 1 所述的无线网络, 其中, 所述无线网络是网状网络。

4. 如权利要求 1 所述的无线网络, 其中, 所述多个网点中的至少一个网点创建该网点的当前环境的模型, 所述模型包括参与到所述无线网络中的所述多个网点中的至少一些其它网点以及参与到所述无线网络中的所述多个网点中的所述至少一些其它网点中的每一个网点所计算的所述第一 CoI。

5. 如权利要求 1 所述的无线网络, 其中, 所述多个网点中的一个网点 (24) 使用所述多个网点中的第二个网点 (34) 与所述多个网点中的第三个网点 (36) 进行通信, 所述第一个和第三个网点在彼此的无线通信范围之外。

6. 在具有多个网点 (62、64、68) 的无线网络中, 一种用于确定当另一个网点 (64) 正在相同链路上进行传输的同时, 第一网点 (62) 是否能够向第二网点进行传输的方法, 所述方法包括 :

由所述第一网点 (62) 检测 (73) 所述无线网络中的其它网点 (64、68) ;

在所述第一网点确定 (78) 在所述无线网络中所检测到的其它网点的信号强度 ;

由所述第一网点估计 (80) 当所述第一网点正在进行传输时、在所述第二网点将测量到的信号强度 ;

计算第一载波干扰比 (CoI) 和第二 CoI, 其中, 将所述第一 CoI 计算为作为潜在的发射机的所述第一网点和作为计划的接收机的所述第二网点之间的加权和与来自所述另一个网点的同时传输的干扰的商, 将所述第二 CoI 计算为表示所述同时传输的链路的加权和与由作为潜在的发射机的所述第一网点所产生的干扰的商 ; 以及

基于所述第一 CoI 与第一门限值的比较以及所述第二 CoI 与第二门限值的比较, 确定 (84) 所述第一网点是否应该向所述第二网点进行传输。

7. 如权利要求 6 所述的方法, 其中, 所述第一 CoI 是接收机的 CoI, 所述第二 CoI 是干扰的 CoI。

8. 如权利要求 6 所述的方法, 其中, 以如下方式进行检测 :

读取信标帧 (76)、信标头 (76) 中的至少一个, 或者接收它们的聚合 (73)。

9. 如权利要求 6 所述的方法, 其中, 以如下方式进行确定 :

测量在所述无线网络中所检测到的其它网点的信号强度。

10. 如权利要求 6 所述方法, 其中, 以如下方式进行估计 :

使用 MAC 层的信标访问周期中的定时信息估计所述信号强度 (73)。

用于无线网状网络的分布式学习方法和无线网络

技术领域

[0001] MBOA(多频带 OFDM 联盟)是用于在超宽带(UWB)频带上运行的 WPAN(无线个人局域网)的分布式系统。通过用于对将来业务进行信道资源预约的 DRP(分布式预约协议),MBOA 系统在单跳通信情形中比其他基于竞争的协议,例如优先化信道访问(PCA),提供高得多的信道访问效率。

背景技术

[0002] 网状网络是使用全网状拓扑或者部分网状拓扑这两个连接配置中的一个的 PAN(个人局域网)。在全网状拓扑中,将每个节点直接连接到每一个其他节点。在部分网状拓扑中,将某些节点连接到其它所有节点,但是仅将某些节点连接到那些与其交换最多数据的其它节点。网状网络具有无需增加发送功率或者接收灵敏性就能提供网络覆盖的地理扩展的能力。网状网络通过路由冗余提高了可靠性,提供了更简单的网络结构,并且由于需要更少数据重发的潜力,可以延长设备电池寿命。

[0003] 无线网状网络是多跳系统,其中尤其在不利条件下,在通过网络来发送分组时,设备彼此协助。人们可以在随手可及的地方建立网状网络。这种网状网络还被称为自组网络。网状网络提供可靠、灵活的系统,可以轻易地将该系统扩展到数以千计的设备。

[0004] 最初在 MIT 针对工业控制和传感所开发的无线网状网络拓扑是称为自组多跳网络的点到点到点系统或对等系统。这种网络的节点可以发送和接收消息。此外,网状网络中的节点还可以作为路由器,其可以为邻近的节点中继消息。通过中继过程,无线数据的分组将利用可靠的通信链路来通过中间节点,找到通往其目的地的通路。在无线网状网络中,多个节点协作以将消息中继到其目的地。网状拓扑增强了网络的整体可靠性,当工作在苛刻的工业环境中时,这尤其重要。

[0005] 参考图 1,通过中继过程,无线数据的分组通过利用可靠的通信链路来通过中间节点,找到通往其目的地的通路。在无线网状网络 10 中,多个节点 12、14、16 进行协作,以将消息从源节点 18 中继到目的节点 20。无线网状网络 10 的网状拓扑增强了网络的整体可靠性,当工作在严酷的工业环境中时,这尤其重要。

[0006] 类似于因特网以及其它基于路由器的对等网络,无线网状网络 10 在整个网络中提供多个冗余通信路径。如果由于任意原因(包括强 RF 干扰的引入)节点(例如节点 14 和 16)之间的链路断开,网络自动地通过替代路径来路由消息(例如从节点 14 到节点 22 再到节点 20)。

[0007] 在网状网络中,缩短节点间的距离将会显著地增加链路质量。如果将节点间的距离减少到二分之一,在接收机所得到的信号的强度至少增加四倍。这使得链路更加可靠,而不必在各个节点增加发射机功率。在网状网络中,简单地通过将更多节点添加到网络中,就可以扩展范围、增加冗余并且改善网络的一般可靠性。

[0008] 超宽带(UWB)是用于在很宽的频谱范围内通过非常低的功率短距离发送大量数字数据的无线技术。超宽带无线通信可以在远达 230 英尺范围内以非常低的功率(小于

0.5 毫瓦) 携带极大数量数据, 并且具有携带信号通过门和其它障碍物的能力, 其中这些障碍物容易反射操作于更高功率的更有限带宽上的信号。超宽带可以与诸如蓝牙的另一种短距离无线技术相媲美, 蓝牙是用于将手持无线设备与其它类似的设备进行连接和 / 或与例如桌上电脑进行连接的标准。

[0009] 超宽带在载波信号上通过非常宽的频谱 (在多个频率信道上), 同时对精确定时的数字脉冲进行广播。必须调配宽带发射机和接收机以通过万亿分之一秒数量级的高精确度来发送和接收脉冲。在超宽带系统中所使用的任意给定的频带上, 超宽带信号比在该频带上的普通信号需要更小的功率。此外, 超宽带信号的预测背景噪声很低, 以致于理论上没有干扰。

[0010] 超宽带用于各种情形, 目前为止, UWB 的两种盛行的应用包括: 含有雷达的应用, 其中, 信号穿透附近的表面但是在更远的表面上反射, 从而能够检测到在墙面或其它覆盖物后面的物体; 以及使用数字脉冲的语音和数据传输, 其允许功率非常低并且成本相对低的信号在有限范围内以非常高的速率携带信息。

发明内容

[0011] 本发明的实施例提供了一种方法, 用于网状网络中的网点确定当在相同通信链路上正在进行另一个传输的同时, 是否向另一个网点进行传输。如果一个网点的传输干扰妨碍来自其他网点的同时发生的传输, 则该网点不应该向另一个网点进行传输。此外, 如果从发送网点到接收网点的传输将会在接收网点受到来自另一个网点的同时传输的干扰的妨碍, 则该发送网点不应该向该接收网点进行传输。

[0012] 本发明的实施例可以是一种无线网络, 其包括参与到该无线网络中的多个网点。所述多个网点中的每个网点计算第一比率, 该第一比率用于估计在所述每个网点自身与所述多个网点中至少另一个网点之间进行成功传输、并且来自所述成功传输的干扰不会妨碍所述无线网络中同时发生的传输的概率。

[0013] 在本发明的另一个实施例中, 无线网络包括多个网点, 并且使用一种方法来确定当另一个网点正在相同链路上进行传输的同时, 第一网点是否能够向第二网点进行传输。所述方法包括: 由所述第一网点检测所述无线网络中的其它网点; 在所述第一网点确定在所述无线网络中所检测到的其它网点的信号强度。所述方法在所述第一网点估计当所述第一网点正在进行传输时、在所述第二网点将测量到的信号强度。所述第一网点然后计算第一载波干扰比 (CoI)。所述方法继续基于将所述第一 CoI 与门限值进行比较, 确定所述第一网点是否应该向所述第二网点进行传输。

[0014] 可以将本发明的实施例用于多跳网络。此外, 可以将本发明的实施例与 IEEE802.11 标准以及 MAC 协议结合使用, 其中 MAC 协议包括但不限于并且遵守 IEEE802.11s (ESS MESH) 标准。还可以将本发明的实施例成功地应用于其它无线标准和技术, 以支持网状网络 (即 WPAN)。本发明的实施例利用网状网络拓扑来支持在相同通信链路或信道上同时出现的通信。

[0015] 要明白的是, 本发明的上述概要没有提及本发明的每个实施例或者每个方面。

附图说明

[0016] 结合附图,通过以下详细说明,可以获得对于本发明的方法和装置的更透彻的理解,其中:

[0017] 图 1 是网状网络的总体图;

[0018] 图 2 是示例性无线情形的图;

[0019] 图 3 是示例性无线多跳情形的图

[0020] 图 4 是能够进行空间再利用的简单无线网状网络的例子;

[0021] 图 5 是图 4 的网络在时间上的最佳传输排列的图;

[0022] 图 6 是示例性干扰察觉网点的一般结构;

[0023] 图 7(a) 和 (b) 是当 (a) 网点 TX 正在进行发送时以及当 (b) 网点 RX 正在进行接收时,信号强度的测量图;

[0024] 图 8 是具有站 Tx、Rx、1、2 和 3 的情形的示例性信号强度图;

[0025] 图 9 是图 4 的情形的示例性信号强度图;以及

[0026] 图 10 是有助于对网点 2 学习链路 (1) 的信号强度的情况进行解释的图。

具体实施方式

[0027] 现有的用于无线局域网的介质访问协议,诸如 IEEE802.11,不能高效地支持多跳通信。因此,需要找到并且定义一个过程,该过程允许建立扩展服务组 (ESS) 来作为通过无线链路互相连接的访问点 (AP) 的集合,其中无线链路允许自动拓扑学习以及动态路径配置。在站与基本服务组 (BSS) 和 ESS 的关系方面,ESS 网状网络在功能上等效于有线 ESS。

[0028] 本发明的实施例提供了用于在一组 802.11 访问点 (AP) 之间的无线分布式系统 (WDS) 的介质访问控制 (MAC) 协议。根据各种实施例进行操作的、与任意访问点相关联的移动站能够与以下对象进行通信:1) 给定组中的任意访问点;2) 与该组中的访问点相关联的任意移动站;3) 经由网状网络网关所连接的任意外部网络。

[0029] 在本发明的实施例中,访问点之间用于激活所述点的通信对于移动站应该是透明的,尤其关于站的位置应该是透明的。

[0030] 该示例性无线分布式服务中,访问点扮演了双重角色:一方面,访问点作为基本 802.11 访问点,将特定的特征提供给与它们相关联的站。另一方面,访问点自身是无线站,彼此互相通信,以实现它们提供给它们的基本服务组 (ESS) 的服务。

[0031] 图 2 中描绘了具有两个 BSS 和一个分布式系统 (DS) 的示例性无线情形的典型情形。

[0032] BSS1 26 中的站一 20、站二 22、站三 24 与 BSS2 32 中的站四 28、站五 30 组成了两个非重叠 BSS。BSS1 26 中的访问点 (AP) 34 和 BSS2 32 中的访问点 36 允许 BSS 间通信。以下将描述用于在无线分布式系统 (WDS) 中支持该通信的 MAC 机制。

[0033] 考虑到根据本发明实施例的可能情形,可以做出以下假设;

[0034] 1) 访问点的自组布局

[0035] 访问点的空间位置对于其本身以及其它访问点是未知的;在给定区域内可以将访问点任意放置。预先不知道关于环境结构、邻近 AP 之间的距离以及干扰情况的知识;并且此外,不可能获得关于 AP 以及它们之间的障碍物的地理信息。

[0036] 2) 访问点拓扑从半固定到固定:

[0037] 与相关联的站的运动和业务模式相比,任意 AP 变化的速度可以忽略。

[0038] 3) 访问点的网络没有完全连通:

[0039] 由于要服务于户内环境或者大面积区域,不能假设用于描述 AP 之间直接通信可能性的 AP 通信图是完全连通的。然而,每对 AP 必然可以通过可能的几个其它 AP 的路径来连接,这意味着通信图是连通的。

[0040] 该假设的一个含义是在 DS 中不可能进行简单广播,这使任意集中协调的尝试变得复杂。另一个含义是需要多跳机制,允许 AP 将来自一个 AP 的数据中继到其他 AP 数据,等等,从而数据可以继续前进直到目的地。

[0041] 图 3 示出了需要多跳通信的示例性情形,其为另一个无线多跳情形 40。通过透明地使用 DS 42 以及 AP 46 和 AP 48 之间的多跳连接, BSS1 50 中的站可以连接到站 846,站 846 作为到互联网 52 的网关。如果没有允许多跳的 DS 42,这个连接是不可能的,因为站 448 不能无线地触及站 846 并且与之通信。

[0042] 示例性访问点可以仅占有单频无线电。这个需求简化了 AP 的构造并且降低了成本,但是致使 DS 和每个 BSS 必须共享相同的无线介质的复杂性,可能导致冲突以及效率降低。可以使用双频无线电甚至多频无线电,来实现 MAC 协议的示例性改善。

[0043] 在以下所述的本发明的实施例中,要明白的是,(1) 站是基本 802.11 访问点,能够提供诸如 BSS 关联和创建之类的管理服务,(2) 站是无线分布式系统中的站,能够使用其对等站之间的多跳通信来获得实现其访问点功能所需的能力,(3) 将站置于如上所述的情形中,定义为网状网络站或者网点。

[0044] 与 AP 业务阶段中所使用的 EDCA 相比,示例性 MAC 协议在网状网络中允许有效率的多跳通信。使用等长的协商传输机会 (TxOP) 导致可预测的介质访问,这是因为在 TxOP 期间所有邻近的网点都能知道在网状网络中哪个网点起哪部分作用。这个提供给网点的增强的知识 / 信息使得该协议允许更大的空间重用,直接导致示例性网状网络的容量增加。

[0045] 图 4 中示出了空间重用的可能性的简单实例。网点 STA1 60、STA2 62、STA3 64 和 STA4 68 中的每一个具有它们自己的 BSS 以及可能的几个相关联的移动站。网点 STA1 60 的 BSS 中的移动站生成寻址到网点 STA4 68 (STA4 68 是,例如,互联网的网关或入口) 的业务,并且网点 STA4 68 对业务进行答复。

[0046] 由于网点 STA1 60 与 STA4 68 互相在彼此的接收范围之外,它们彼此不能直径通信。它们必须使用经由网点 STA2 62 和 STA3 64 二、三跳路由,描绘为 (1a-c) 和 (2a-c)。

[0047] 如果由于在传输期间由网点 STA1 60 在网点 STA3 64 所造成的干扰低,网点 STA3 64 能够猜测到链路 (1a) 和 (2c) 可以同时使用,那么 STA3 64 可以与 STA4 68 协商,使得所使用的 TxOP 序号将会与用于链路 (1a) 的 TxOP 序号相同。用于链路 (1a) 的 TxOP 的序号经由网点 STA1 60 与 STA2 62 之间的协商过程,可以直接由 STA3 64 得到。

[0048] 类似地,可以同时使用链路 (1c) 和 (2a),这导致如图 5 中给出的示例性业务 / 时间图。图 5 是在图 4 所示情形下在时间上的最佳传输排列。

[0049] 上述情形是在外部观察者看来网点所进行的最佳行为的例子,但是网点如何操作以展示此行为是非显而易见的。

[0050] 现有的诸如 EDCA 的 MAC 协议不支持并行传输。在此处一并引入作为参考的飞利浦案卷号 PH000953,名为 “Distributed Medium Access Protocol for Wireless Mesh

Network(用于无线网状网络的分布式介质访问协议)”的相关专利申请中,讲述了允许在网状网络中进行有效率的多跳通信的新 MAC 协议。在其中,讲述到由于所有邻近网点能够知道在 TxOP 期间哪个网点起哪部分作用,所以等长度 TxOP 的协商所有权的使用导致可预测的介质访问。此增强的知识允许新的 MAC 协议提供更大的空间重用,这直接导致网状网络的容量增加。

[0051] 除此之外,通过提供允许网点进行学习、以估计环境并且决定在所估计的环境中同时传输是否可能的方法,本发明的实施例进一步增强了网状网络中多跳通信的效率。在接下来的部分中,将描述网点的可能的内部机制。

[0052] 本发明的实施例的一个特征是新的学习和分布式算法的定义,其中各网点用该算法来预测新的传输机会(TxOP)或传输时隙是否 可以用于传输。

[0053] 示例性分布式算法首先通过从信标和 / 或其它网点的业务头或其它网点的信标接收信息,来对参与到网络中的设备进行检测。然后示例性分布式算法对于每个节点在其网络中的接收信号强度进行测量和存储。接下来分布式算法基于每个链路的载波干扰(CoI)比,对网点的环境中的链路质量进行估计。通过此 CoI 信息,网点可以计算用于表示不同的现有链路的图或表,并且使用该图或表来确定在现有环境中是否可以同时进行新的传输。

[0054] 学习网点

[0055] 在网点可以利用同时传输之前,每个网点必须学习对其当前环境进行建模。网点的当前环境的模型称为世界模型。此世界模型应该尽可能的简单,尽可能地从现实抽象。并且,世界模型应该尽可能详细,以便对可用于指定传输的各种选项提供良好估计。通过世界模型的网点的传感器来对世界模型进行持续更新。网点的传感器是物理层以及关于 TxOP 所有权、接收的信标、信息元以及侦听到的传输的信息的接收实体。

[0056] 在网点中不时地出现对新 TxOP 所有权的请求或者对于现有 TxOP 所有权的改变请求。例如,由于相关联的网点开始了新业务流或者由于邻近的网点接收了 TxOP 所有权协商请求,可能发生新 TxOP 所有权请求或者用于改变现有 TxOP 所有权的请求。可以用世界模型来对这些请求进行处理,以找出适合当前状态的空闲 TxOP,该当前状态关于预期角色(发射机或接收机)和业务优先级。

[0057] 在使用世界模型处理了请求之后,使用得到的信息,使得 TxOP 协商过程选择合适的 TxOP 组,并且开始协商过程(或者分别回答请求),可能优选导致同时传输的 TxOP。

[0058] 图 6 中示出了能够适应于在网络中发生的干扰的站 70 的抽象结构。图 6 是干扰察觉网点 70 的一般结构。示例性干扰察觉网点或者站 70 位于多个网点和 / 或站的环境 72 中。通过站的传感器 73 对来自环境 72 的传输进行接收。接收机 74 是站的传感器的部件,用于进行接收。站对 TxOP 所有权 76 进行确定,并且对接收的信标 78 进行解密。对传感器 73 所接收的信息进行处理,从而可以创建世界模型 80。还将用于新的或者改变的 TxOP 请求 82 的请求提供给世界模型 80,从而可以持续地对其进行更新。世界模型 80 向执行器 84 提供针对请求可得到的或者可用的 TxOP。使用来自世界模型 80 的信息和与请求新的或者改变的 TxOP 所有权有关的其它信息来执行 TxOP 协商 86。发射机 88 把站 70 的 TxOP 协商的结果发送到网络环境 72。

[0059] 测量学习性能

[0060] 在描述网络中的实体（网点、站等等）如何执行关于每个实体如何明白其环境以便创建世界模型的学习过程之前，我们首先定义什么是网点的良好行为，以及网点应该避免什么类型的动作。

[0061] 本方面的实施例主要涉及站执行同时传输的能力，不讨论包括 TxOP 最佳选择的其它标准，例如在公平条件下或者诸如吞吐量和延迟的 QoS 要求下的 TxOP 最佳选择。因此，可选择地结合每个 TxOP 的等级，将对 TxOP 进行选择和协商的示例性算法作为黑盒来处理，该黑盒获得适合于发向 / 来自网点的指定传输的一组 TxOP。结果，学习算法的性能可以通过学习算法提供给此黑盒的“良好的”TxOP 的数量相比较于“差的”TxOP 的数量来测量。

[0062] 图 7(a) 和 (b) 有助于更精确地定义术语“良好的”和“差的”TxOP。图 7(a) 和 (b) 描绘了 (a) 当 Tx90 正在进行发送时以及 (b) 当 Rx100 正在进行接收时信号强度的测量。

[0063] 子图 (a) 和 (b) 都示出了具有 11 个网点的实例环境，分别将它们中的两个标记为发送网点 90 和接收网点 100。在图 7(a) 中，在阴影暗色中画出了发送网点 90 的传输功率 102。传输功率 102 的强度与到该网点的距离成正比。图 7(b)（以阴影暗线的形式）示出了在从 Rx 网点 100 看去该环境中所有其它站的传输功率。在两种情况下，线条 104 指示从 Tx90 到 Rx100 网点的业务。

[0064] 必须基于网点的预期角色来做出 TxOP 是不是“良好的”的判决：如果网点打算进行发送，那么如果该网点的干扰不妨碍同时传输，则 TxOP 是“良好的”。如图 7(a) 中所示的功率 102，发送网点 90 当然不利地干扰或妨碍正在网点“1a-1c”上接收的任意传输。对网点“2a-2d”上的接收的影响将会低得多。此外，从网点“2b”到“2a”的传输没有问题；而且，网点“3a-3b”之间的传输将不会觉察到任何来自 Tx90 传输 102 的任何影响。此外，传输的效果不仅取决于与另一个网点的距离，还取决于同时传输的发射机的位置：如果从同时传输的发射机到发射机 90 的距离非常小，则干扰更小。

[0065] 当网点 100 打算进行接收时，发生如图 7(b) 所示的第二种情形。如果与此同时，同时传输在该接收机处仅造成低的或者无妨碍的干扰，则可以称 TxOP 为“良好的”。即，例如，网点“2a-2b”或“3a-3b”正在进行传输就是这种情况。

[0066] 在图 7(a) 和 7(b) 所述的环境中，做出了以下简化。信号强度 102 的形状可以比环绕发送网点 90 的圆形更复杂。此外，随着时间的推移，该形状可以不恒定。要明白的是，运动的障碍和 / 或不同的信道条件可以改变传输效果。

[0067] 世界模型

[0068] 学习网点 70 中的世界模型 80 的任务是为了以最简单的方式表示周围环境，允许良好预测给定的 TxOP 是不是“良好的”。世界模型的详细的实现还包括如何用传感器的输出来更新其状态，该实现显然独立于通信协议规范，并且可以对该实现进行最优化，以满足不同的目的。例如，必须对所需要的复杂度、所使用的计算量以及预测的准确性进行折衷。

[0069] 世界模型 80 受到给定传感器 73 的灵敏性和准确性的限制。在这里所讨论的情况中，最佳模型将知道网络中所有网点的位置，网点之间的链路特点，以及任意障碍物的布局。当然，由于一些所需的信息仅可以通过利用大量的开销业务来获得（共同链路的特点）或者在任何情况下都不能获得（例如，知道任意障碍物的布局），在现实世界中，这种最佳模型情况是不可能的。

[0070] 因此，以下的世界模型仅仅是实例。以下世界模型依赖于所使用的 MAC 协议和作

为利用 MAC 协议所获得的副产品的一些信息。

[0071] 根据在无线网络中传输成功概率主要由接收机的有用信号强度 与干扰信号强度的比率来确定这个事实,得出示例性世界模型。换句话说,干扰的两种可能原因是背景噪声和同时发生的传输。因此,将称为载波干扰比 (CoI) 的比率测量为:

$$[0072] \quad CoI = \frac{C}{N + \sum I}$$

[0073] C 是载波的信号强度, N 是当前噪声, 并且和代表其它传输所产生的干扰。如果存在同时传输, 通常 $\sum I \gg N$; 因此, 在噪声非细微的情况下可以忽略噪声。

[0074] 重要的是要注意到, 在新的同时传输开始之前应该考虑两种不同的 CoI 比率, 即接收机的 CoI 和干扰的 CoI。

[0075] 1. 接收机的 CoI

[0076] 这个 CoI 反映同时传输的接收机能够不管原先传输而对信号进行解码的成功概率。

[0077] 2. 干扰的 CoI

[0078] 通过引入新的同时传输, 发射机对于原先传输创建了新的干扰源。因此, 新链路的两个网点必须避免此新干扰在原始接收机处是严重的。

[0079] 在本发明的实施例中, 可以通过信号强度图、表、数据表或者其它可应用的工具来表示世界模型的当前状态。信号强度图可以是具有加权函数 $w: E \rightarrow N$ 的完全图 $G = (V, E)$, 该加权函数将一个整数连接到该图的每个边。将传感器 (诸如接收实体或者信标协议) 所识别的任意网点表示为图中的节点。如果节点 X 正在发出 / 发送数据, 两个节点 (x, Y) 之间的边的权是在节点 Y 所测量的信号强度的估计。假设节点之间的链路是双向的 $w(X, Y) = w(Y, X)$, 并且图可以是无方向的。

[0080] 图 8 提供了五个网点 T_x 、 R_x 、1、2 和 3 的示例图。将信号强度抽象为连接边的权。从而, 图 8 是具有站 T_x 、 R_x 、1、2、3 的情形下的信号强度图。为每个网点创建优良的世界模型将很好地近似环境的当前状态。然后, 对此图 (即图 8) 进行处理的网点可以计算从 T_x 到 R_x 的同时传输期间的干扰 CoI 的估计。此外, 世界模型可以支持在 R_x 处的接收机 CoI 的计算。

[0081] 通过将表示同时传输的链路的权除以由 T_x 所产生的干扰 (由 $w(T_x, [$ 同时传输的接收机 $])$ 所给出), 对干扰 CoI 进行估计。这两个权的商越大, T_x 对传输产生干扰的机会就越低。

[0082] 类似地, 接收机将 CoI 的值计算为 $w(T_x, R_x)$ 与用 $w(R_x, [$ 同时传输的发射机 $])$ 表示的同时传输的干扰的商。高的指示值表示高的成功接收机会。

[0083] 当然, 可用容易地将示例性方法扩展到多个同时传输或者多个接收机传输。

[0084] 示例性算法可以对每个可能的同时传输计算 CoI, 然后根据用所有权协议作为传感器获得的当前所有权的信息对所有 T_xOP 进行定级。示例性图 (或者从中得到的数据) 提供了结果, 其为“良好的” T_xOP 的列表, 这些“良好的” T_xOP 很可能提供高成功接收率以及对其它并行传输的低干扰比率。此外, 可以给出用于确定所计算的 CoI 是否足够高的门限。可替换地, 可以基于诸如 S 形函数 $(\frac{1}{1+e^{-x}} + Offset)$ 的 (可学习的) 软门限函数来做

出 CoI 是否适合于并行传输的判断。

[0085] 在表 1 中示出了给定实例图中对于从 Tx 到 Rx 的传输所计算的 CoI 指示值,省略了所有不可能的传输对(例如同时的 Tx→Rx 和 Rx→2)。

[0086] 表 1:从 Tx 到 Rx 的同时传输发生时的干扰 CoI 和接收机 CoI

[0087]

TxOP 中的传输	接收机 CoI[dB]	干扰 CoI[dB]
无	0	最大值
1→2	4	-2
2→1	10	-14
1→3	4	-1
3→1	13	-16
2→3	10	5
3→2	13	1

[0088] 表 1 清楚地示出了不能与其它大多数可能的传输同时地安排传输 Tx→Rx,传输 Tx→Rx 可能仅与传输 2→3 并行。检查介绍实例的图(图 4)则可以看出不同的情况,在图 9 即对于图 4 中所给出的情形的信号强度的图中给出该情况。

[0089] 如果在 TxOP 中安排了从网点 4 68 到网点 3 64 的传输,则对于 1→2 的干扰指示值是 $10 \times \log(60/15) = 6\text{dB}$,并且对于 1→2 的接收指示值也是 6dB,使用慢 PHY 模式时可以将该 TxOP 定级为“可能的”TxOP。

[0090] 在给出用于建立图以及相关权的示例性方法之前,要明白的是,可以通过各种类型的传输技术,例如指向/定向天线或者 MIMO 设备,来容易地使用世界模型中所做的抽象:如果这些传输技术改善了接收机 CoI 并且/或者降低了干扰 CoI,直接将它们的性能并入模型。

[0091] 类似地,诸如墙之类的障碍物的作用间接地影响了该图,并且因此也可以并入该模型。

[0092] 可以将该图的连续学习分割成两个独立的任务:首先,必须学习该图的结构(V,E)。该图的结构(V,E)是网络的参与者的标识。其次,学习该图中的权。当站进行操作时,连续地执行前两个任务。可以以适应于环境的速度来执行这两个任务,从而允许模型良好地近似该环境,并且还能够对改变做出反应。由于使用了不是专门设计来执行示例性任务的三个传感器 74、76、78,所以这三个传感器 74、76、78 的不充分和不可靠的输出将使得学习过程变得困难。从而,对传感器输出进行滤波是示例性学习过程的最重要的子任务之一。

[0093] 学习过程的另一个并且也许是最后一个要求是,学习过程应该识别出其知识不足以得到对两个 CoI 值的良好估计的情况。详细地说,如果过高估计了干扰 CoI 从而妨碍了现有传输,则应该忽略学习过程的结果。

[0094] 对网络参与者进行学习

[0095] 通过使用示例性的信标周期访问协议并且通过接收其它网点的业务头,可以容易地对网络 72 中的其它网点做出识别。根据信标协议,网点可以识别信标发送者、发送者的邻居以及邻居的邻居,因为在所有者向量 BPOIE 中声明了这些网点。

[0096] 在 MTP 期间的业务中,每个业务串具有初始头,其给出接下来的载荷(wagon)的结构,包括每个载荷的接受者。使用这个信息,即使网点在该 TxOP 中不是接收机,该网点也可以通过监听该头来检测其它网点。

[0097] 可以将网点的 DEVID 的每次出现（无论在 BP 中还是在 MTP 期间）视为用于指示网点是“活的”的“声脉冲 (ping)”。建议在第一次从一个网点监听到“声脉冲”时，将该网点包括在图中。并且，应该以随着没有监听到“声脉冲”的时间量的增加而增加的概率，从图中删除该网点。

[0098] 对信号强度进行学习

[0099] 对于所识别的每个新网点，必须对来自其它网点的信号的权或者优先级进行估计。这可以用若干方法来进行。每个传感器给出应该如何对信号的权进行设置的暗示，不幸的是，传感器的输出经常具有噪声，并且必须在考虑传感器输出之前对其进行滤波和加权。

[0100] 例如，首先，如果当前图包括 N 个网点，则必须估计 $(N+1) \times N/2$ 个权。在这些链路中，(N-1) 个链路直接连接到学习网点。可以对直接连接的链路进行快速学习，并且具有更高的置信度。值得注意的是，在示例性干扰中以及在接收机 CoI 中，需要加权的信号中有四分之三是发射机或者接收机的直接链路；在干扰 CoI 中只有四分之一的加权信号是在一跳距离之内，该加权描述了在原先接收机所测量的原先传输的信号强度。为了避免高估干扰 CoI，该加权函数的下限至关重要。

[0101] 其次，可以通过使用信号访问周期协议中的定时信息以及 PHY 层的一些辅助信息，来进行对于 (N-1) 个直接链路的学习。通过使用信标周期 (BP)，当邻近的网点发送其信标时，一个网点及时地察觉到该临近网点。此外，由于 BP 中的严格规则，该网点将不会在 BP 时间期间察觉到其它附近的网点正在进行传输。

[0102] 对于 BP 中的每个信标时隙，PHY 层可以测量合并的信号强度，然后将此强度报告给 MAC 层。MAC 层然后将该信息与 BP 访问协议相结合，以确定特定邻居的信号强度的估计。

[0103] 现在可以使用该估计方法来计算每个链路上的权。最简单的方案是仅取得最当前的估计，并且忽略之前的值。此外，为了获得指数加权移动平均，也可以用更智能的方案来对该估计进行低通滤波。如果将在信标周期号 t 中所获得的最新测量表示为数字 e_t ，则将移动估计计算为：

$$[0104] \quad \hat{e}_t = \alpha \cdot e_t + (1 - \alpha) \cdot \hat{e}_{t-1}$$

[0105] 其中， α 是用于加权新测量值相比于旧消息的重要性的参数。此方案将显然解决短的有噪声测量的问题，尽管其增加了计算复杂度。

[0106] 最后，对链路进行学习的第三种可能的实例是使用一维卡尔曼滤波器来获得使用该测量的增量估计。卡尔曼滤波器假设具有未知方差的加性高斯白噪声为 PHY 测量上的误差；可以计算当前期望的“实际”信号强度和假设与此估计一起的方差。卡尔曼滤波器的一个优点是，其与该估计的当前信任度成正比地对新的测量的影响进行加权。因此，可以将其视为指数加权平均的增强。在后一种情况中，用相同的 α 来加权所有测量值；相反，卡尔曼滤波器可以根据当前方差调整该系数。

[0107] 与指数加权平均相比，计算复杂度增加显然是卡尔曼滤波器的不利之处。

[0108] 通过使用所述机制之一，学习网点能够对所有直接链路学习或者建立权，而所有其它链路仍然未知。如上所述，其它链路的权的下限的估计足以用于良好干扰 CoI 计算；因此，可以使用两种具有不同复杂度的方法。

[0109] 使用图 10 来解释第一种方法。在图 10 中，网点“2”62 打算学习路径 (1) 的信号强度。在这个非常简单的情形中，网点“2”62 打算初始化一个传输，该传输与从网点“3”64

到网点“4”68 的传输 (1) 同时发生。因此, 网点“2”62 必须计算干扰 CoI, 这需要当网点“3”正在进行传输时在网点“4”所检测的信号强度的下限。

[0110] 这里, 可以将网状网络业务期间的介质访问控制协议 (MAC) 用来作为简单传感器, 以获得关于此信号强度的信息。当在业务串的头中使用帧聚合时, 那么对于每个接收机指示 PHY 模式。由于在基本 PHY 模式中发送业务串的头, 网点“2”62 接收并读取到该头的机会很高, 从而确定所使用的 PHY 模式。由于只有在接收机处的信号强度高于最小值门限时才能成功地接收和读取 PHY 模式, 因此网点“2”62 可以推断出满足 CoI 的最小信号强度。表 2 用 dBm 示出了对于不同的 802.11 PHY 模式的最小信号强度。

[0111] 表 2: 取决于 PHY 模式, 对应于成功接收的最小信号强度

[0112]

PHY 模式	最小 C (dBm)
BPSK1/2	-82
BPSK3/4	-81
QPSK1/2	-79
QPSK3/4	-77
16QAM1/2	-74
16QAM3/4	-70
16QAM2/3	-66
64QAM3/4	-65

[0113] 另一个可能的示例性方法看起来会导致额外的开销, 因为它使用特殊的 IE 在网络上传播关于接收信号强度的信息。该信号强度 IE 仅由三个字段组成: 接收信号的网点、发送网点, 以及最后用于表示该信号强度下限的分贝值。

[0114] 如上所述, 尤其当使用卡尔曼滤波器时, 可以通过对直接链路的估计以及方差、置信区间的计算来获得该下限, 其中为该估计计算置信区间从而提供传播该信号强度下限所需要的信息。

[0115] 用于发送 SSIE 的频率应该非常低。此外, 可以根据链路行为调整 SSIE, 链路行为例如关于稳定的信息, 与关于波动链路的信息相比, 仅仅轻微改变的链路被传播的频率更低。此外, 如果当前消息不是非常完全的, 则根本不应该发送关于链路的信息。

[0116] 在接收的 SSIE 中的关于直接链路的数据的完整性比来自传感器的数据更可信, 因为 SSIE 数据已经经过滤波并且只有下限被发送。因此, 用高 α 对数据进行低通滤波是足够的。站必须确定对接收的 SSIE 重新发送还是丢弃。SSIE 的丢弃概率应该与在该 SSIE 中对于所提及站的最大直接链路强度不成比例, 因为对于更远的网点, 该信息变得不相关。

[0117] 本发明的实施例提供了无线网络中的分布式学习方法。该分布式学习方法包括: 对于每个新的潜在同时传输, 通过读取信标帧或者帧聚合的帧头或接收者来对网络中的其它设备进行检测; 通过监听/接收邻近传输来检测其它设备的信号强度和/或传输功率, 从而允许创建邻域图, 以增强干扰察觉和空间信道重用; 创建完全图 $G = (V, E)$, 将每个所检测的设备作为图的节点; 使用来自 MAC 层的定时信息 (即, 在信标访问周期中) 并且通过估计信号强度来计算两个节点之间的边的加权值 $w(X, Y)$; 通过将表示同时传输的链路的加权值除以由潜在的发射机所产生的干扰, 计算干扰的载波干扰比 (CoI); 计算潜在的发射机和计划的接收机之间的加权值 ($w(Tx, Rx)$) 与同时传输的干扰的商, 作为接收机的 CoI; 对于每个可能的传输计算 CoI; 基于门限值, 判决是否发送 (“良好的”TxOP 具有高干扰 CoI

以及高接收机 CoI 值),并且基于利用了过去传输的信道和接收信息的成熟的算法和步骤,判决是否发送。本发明的实施例还可以包括通过指数加权移动平均或者通过使用任意滤波技术包括使用卡尔曼滤波器,来估计链路的加权值。此外,可以基于像 S 形函数的软门限函数做出判决,对邻近站传输的测量信息进行存储、更新和处理的,以自适应地学习信道条件,并且识别用于成功地发送分组所足够的周期和用于形成周围邻域的模型的信号强度信息组合。

[0118] 上述发明和方法可以具有许多变体和实施例。尽管在附图和前述的详细描述中仅示出了本发明和方法的特定的实施例,要明白的是,本发明并不限于所公开的实施例,而是在不脱离所公开的以及由以下权利要求所定义的本发明的前提下能够有额外的重新配置、修改和替换。因此,本发明的范围包括所有这种配置,并且仅由以下权利要求限定。

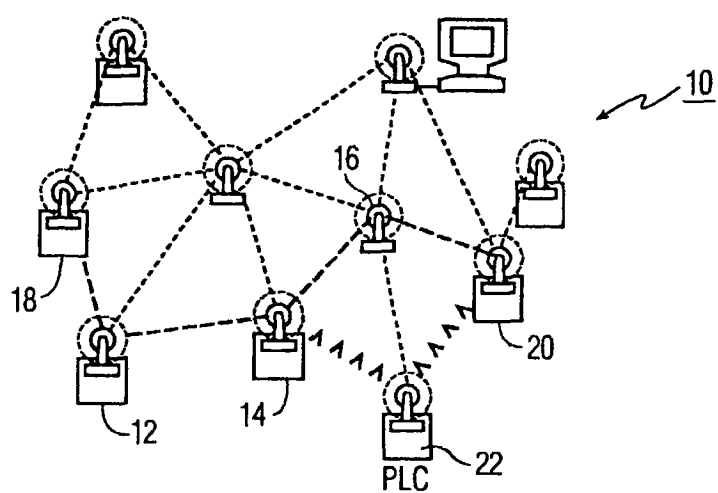


图1

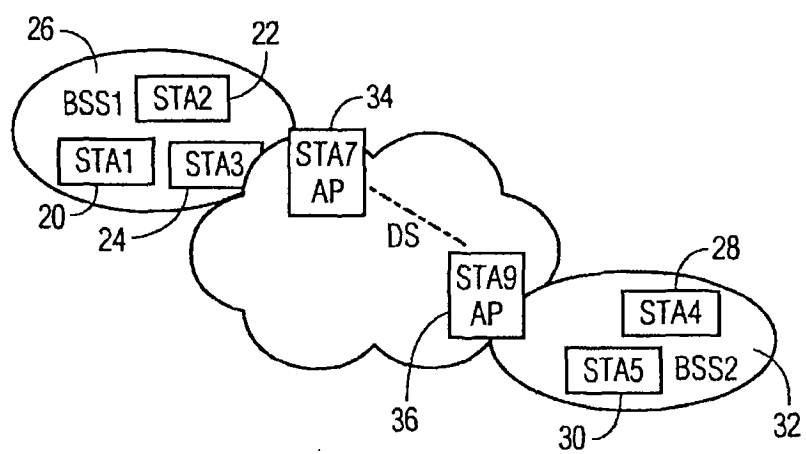


图2

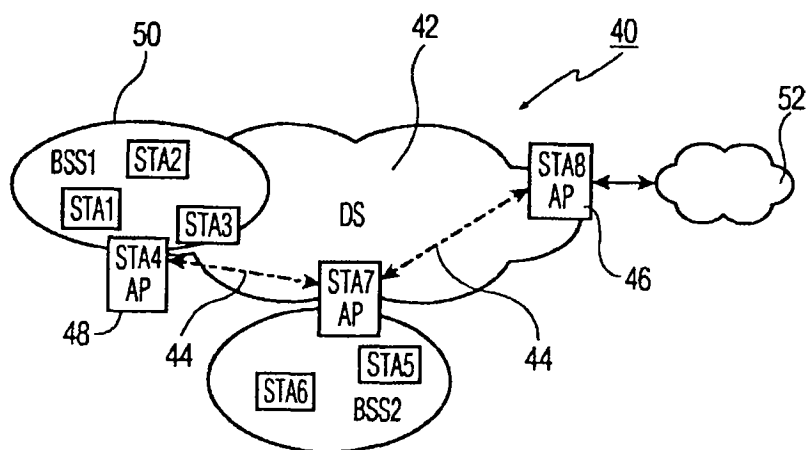


图3

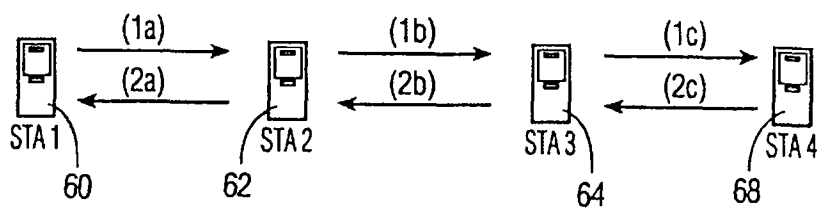


图4

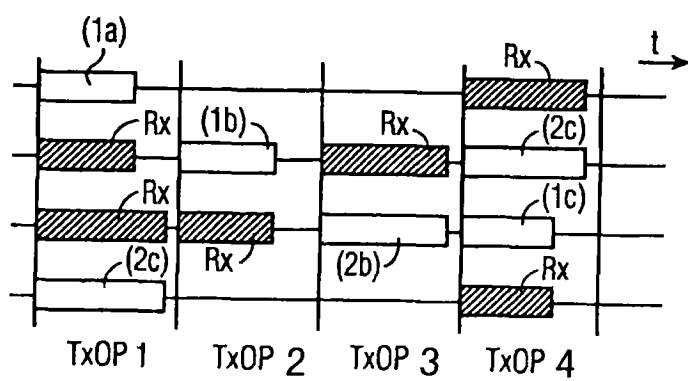


图5

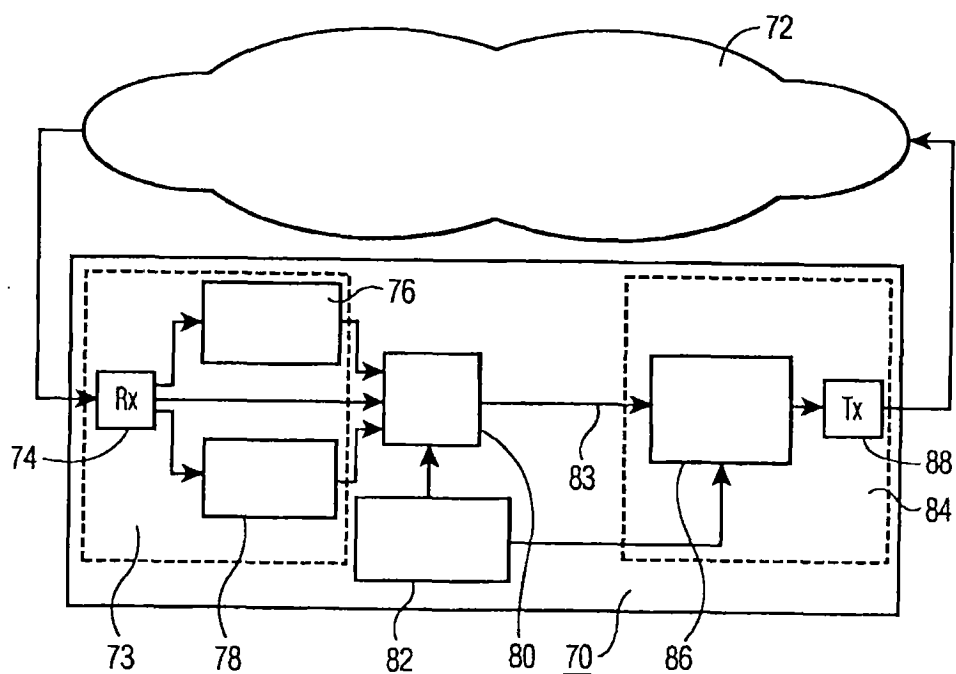


图6

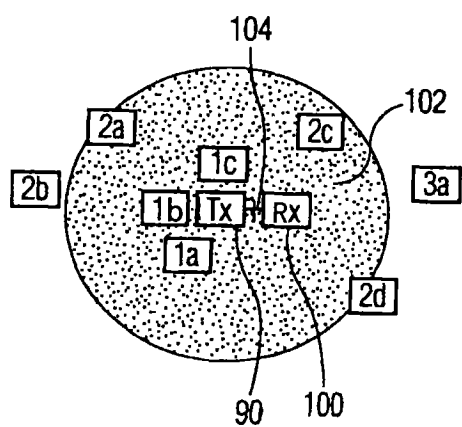


图7A

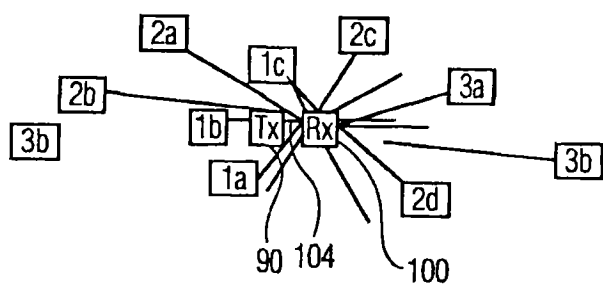


图7B

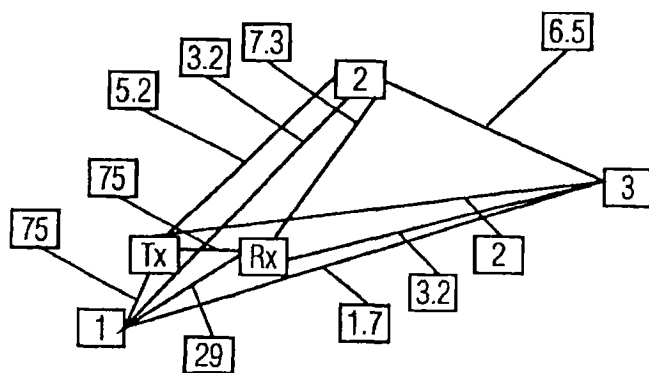


图 8

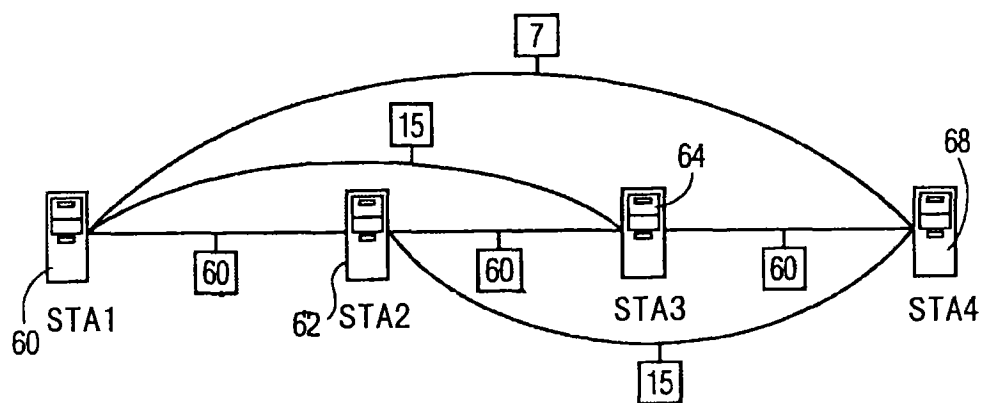


图9

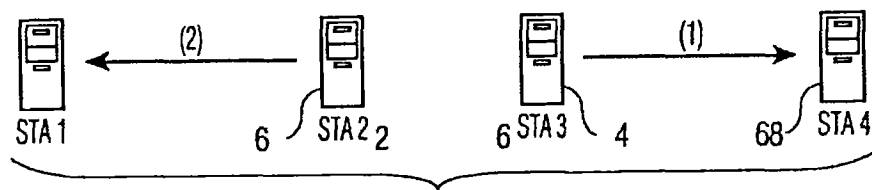


图10