(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106062517 B
(45)授权公告日 2019.10.25

(21)申请号 201580011144.X
(22)申请日 2015.02.24
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106062517 A
(43)申请公布日 2016.10.26
(30)优先权数据
14/193803 2014.02.28 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.08.29
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2015/017188 2015.02.24
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2015/130627 EN 2015.09.03
(73)专利权人 通用电气公司
地址 美国纽约州
(72)发明人 J.A.盖格
(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
代理人 郑浩 姜甜
(51)Int.Cl.
G01D 4/00(2006.01)
H04W 84/18(2006.01)
(56)对比文件
US 2011/0176464 A1,2011.07.21,
CN 101014156 A,2007.08.08,
CN 101217306 A,2008.07.09,
CN 101030791 A,2007.09.05,
审查员 徐丹

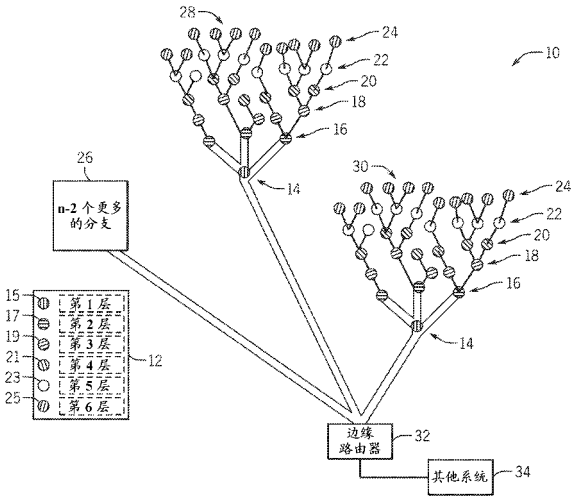
权利要求书2页 说明书8页 附图5页

(54)发明名称

网格路由器系统及方法

(57)摘要

系统包括边缘路由器,边缘路由器通过在多个同时频率上接收而从网状网络收集数据。使用N个同时频率将系统的吞吐量提高多达N倍,从而减少另外出现于网格通信系统的取出点处的瓶颈。此外,与边缘路由器直接通信的节点能够在多个频率上多次发送每个数据包,从而提高正确地递送包的概率,消除确认(ACK)每个包的必要性。这进一步增强系统吞吐量。



CN 106062517 B

1.一种网格路由器系统,包含:

边缘路由器,包含:

传输器电路系统,配置成在多个M跳频信道上传输数据;以及

多信道接收器电路系统,配置成接收由多个节点传输的在多个L独立的频率上的多个包,其中多个节点中的每一个传输多个独立频率,其中所述多信道接收器电路系统配置成同时接收在多个独立频率中的第一频率的第一包,和接收在多个独立频率中的第二频率的第二包,所述多信道接收器电路系统配置成通过多次接收所述多个包中的包而不使用确认包(ACK)或发送信息来提供包交换协议。

2.如权利要求1所述的网格路由器系统,其中所述多个节点中的第一节点配置成跳变至第二频率,并且第二节点配置成在经过第一时间之后跳变至第一频率,并且由所述边缘路由器经由信标信号而提供时间同步。

3.如权利要求2所述的网格路由器系统,其中所述第一时间包含时分多址(TDMA)时隙。

4.如权利要求2所述的网格路由器系统,其中所述第一节点配置成跳变至所述第一频率,并且所述第二节点配置成在经过第二时间之后跳变至所述第二频率。

5.如权利要求1所述的网格路由器系统,其中所述边缘路由器配置成使用信标信号来使与所述第一节点的直接通信和与所述第二节点的直接通信同步。

6.如权利要求1所述的网格路由器系统,其中所述第一节点设置于第一网络层上,并且其中所述第一节点配置成与设置于网状网络的第二网络层上的第三节点直接地通信,并且所述第三节点未配置成与所述边缘路由器直接地通信。

7.如权利要求6所述的网格路由器系统,其中所述第三节点配置成导出跳频模式,并且使用所述跳频模式来在所述网状网络内通信。

8.如权利要求7所述的网格路由器系统,其中所述第三节点配置成选择与所述边缘路由器频率及其他节点不相关的第三固定随机跳频模式,达到考虑到对在所述系统中可用的M个频率的数量的限制而允许的程度。

9.如权利要求8所述的网格路由器系统,其中所述第三频率包含未经许可的频率。

10.如权利要求8所述的网格路由器系统,其中所述第三节点配置成通过以周期的方式、随机的方式或其组合使用所述跳频模式而在频率范围之间跳变。

11.如权利要求1所述的网格路由器系统,其中所述第一节点包含高级计量基础设施(AMI)智能仪表。

12.一种网格路由器系统,包含:

多信道边缘路由器,包含配置成使用多个频率的多个接收器,其中所述多个接收器中的每个配置成在不同的频率上通信;以及

非暂时性机器可读媒介,包含代码,所述代码在被执行时促使所述多信道边缘路由器:

从与所述多信道边缘路由器直接通信的多个节点接收数据,其中所述数据是通过多个独立频率接收的;

播送信标;

基于所述信标而使来自所述多个节点中的每个节点的数据的传输同步;以及

多次冗余地大致同时地接收在第一频率的所述多个节点中第一节点和在第二频率的所述多个节点中第二节点至所述多信道边缘路由器的数据,使得对于从节点至所述边缘路

由器的可靠的包传递不要求确认包(ACK)或发送信息的使用。

13.如权利要求12所述的网格路由器系统,包含配置成在一组M个跳频信道上传输并且接收数据的多个节点。

14.如权利要求12所述的网格路由器系统,包含所述多个节点,其中在所述多个节点中的每个中包括配置成将数据从所述多个节点中的每个传输至所述多信道边缘路由器的所述代码。

15.一种网格路由器方法,包含:

随机地选择第一射频;

发现设置于无线网状网络上的第一节点,其中所述第一节点不与多信道边缘路由器直接通信;

基于所述第一射频而将第一跳频模式分配给所述第一节点;

通过使用中间节点而将数据在所述第一节点与所述多信道边缘路由器之间传递,其中所述中间节点与所述多信道边缘路由器直接通信并且与所述第一节点直接通信,并且其中所述第一节点配置成使用所述第一跳频模式来与所述中间节点通信;

其中所述中间节点配置成与所述多信道边缘路由器通信而不使用确认(ACK)或发送信息,以及其中所述多信道边缘路由器配置成从所述中间节点在第一频率接收第一包和从不同的中间节点接收在第二频率接收第二包。

16.如权利要求15所述的网格路由器方法,其中所述第一节点配置成在使用所述第一跳频模式时,周期地在多个频率之间跳变,以与所述中间节点通信。

17.如权利要求15所述的网格路由器方法,其中所述第一节点配置成在使用所述第一跳频模式时,随机地在多个频率之间跳变,以与所述中间节点通信。

18.如权利要求15所述的网格路由器方法,包含:

随机地选择第二射频;

发现设置于所述无线网状网络上的第二节点,其中所述第二节点不与所述多信道边缘路由器直接通信;

基于所述第二射频而将第二跳频模式分配给所述第二节点;以及

通过使用所述中间节点而将数据在所述第二节点与所述多信道边缘路由器之间传递,其中所述中间节点与所述多信道边缘路由器和所述第二节点直接通信,并且,其中所述第二节点配置成使用所述第二跳频模式来与所述中间节点通信。

19.如权利要求18所述的网格路由器方法,包含经由多于两个节点而在一组M个跳频信道上传输并且接收数据。

网格路由器系统及方法

[0001] 发明背景

[0002] 本文中所公开的主题涉及路由选择数据，并且更具体地，涉及使用网格路由器来路由选择数据。

[0003] 一些诸如智能电网计量网络的通信网络(例如，与电功率电网有关)可以包括其中可以在路由选择相邻节点的数据中使用每个网状网络节点的网状网络。可以使用不同的路由选择技术。例如，节点可以使用存储于节点中的转发表通过网络而路由选择包。转发表通常基于包的目的地而识别下一跳节点。通常，无论包的起始节点，对于具有相同目的地的所有的包，下一跳节点是相同的。常规地，以最低成本通过基于下一跳而以逐跳的方式通过网络来选择路径而生成转发表。还可以使用其他基于非表的路由选择技术。对路由选择技术加以改进将会是有用的。

[0004] 发明简述

[0005] 在下文中总结在范围上与原始要求保护的发明相称的某些实施例。这些实施例不意图限制要求保护的发明的范围，但是而是，这些实施例仅意图提供对本发明的可能的形式的简短总结。实际上，本发明可以囊括可以与在下文中阐述的实施例类似或不同的各种形式。

[0006] 在第一实施例中，系统包括边缘路由器，边缘路由器包括配置成接收第一频率的第一接收器。边缘路由器进一步包括：传输器电路系统，配置成在多个M跳频信道上传输数据；以及多信道接收器电路系统，配置成接收由多个节点传输在多个L独立的频率上的多个包，其中，多信道接收器电路系统配置成通过多次接收多个包中的包而不使用确认包(ACK)来提供包交换协议。

[0007] 在第二实施例中，系统包括多信道边缘路由器。多信道边缘路由器包括配置成使用多个频率的多个接收器，其中，多个接收器中的每个配置成在不同的频率上通信。系统另外包括非暂时性机器可读媒介，该媒介包含代码，该代码配置成：从与多信道边缘路由器直接通信的多个节点接收数据；播送信标；基于信标而使来自多个节点中的每个的数据的传输同步；以及多次冗余地大致同时地接收从多个节点中的每个至多信道边缘路由器的数据，使得对于从节点至边缘路由器的可靠的包传递不要求确认包(ACK)的使用。

[0008] 在第三实施例中，方法包括：随机地选择第二射频；以及发现设置于无线网状网络上的第二节点，其中，第二节点不与多信道边缘路由器直接通信。方法进一步包括：基于第二射频而将第二跳频模式分配给第二节点；以及通过使用中间节点而将数据在第二节点与多信道边缘路由器之间通信，其中，中间节点与多信道边缘路由器和第二节点直接通信，并且其中，第二节点配置成使用第二跳频模式来与中间节点通信。

[0009] 附图简述

[0010] 在参考附图来阅读下面的详细描述时，本发明的这些及其他特征、方面以及优点将变得更好理解，其中，在遍及整个附图中，相似字符表示相似部件，其中：

[0011] 图1是图示多信道无线网状网络的实施例的示意图；

[0012] 图2是图示图1的多信道无线网状网络的节点密度的实施例的节点密度简图；

[0013] 图3是图示设置于图1的多信道无线网状网络中的多信道无线边缘路由器的实施例的框图；

[0014] 图4是在路由选择图1的多信道无线网状网络的第0级与第1级之间的数据中有用的过程的实施例的流程图；以及

[0015] 图5是在路由选择图1的多信道无线网状网络的第1级与第2至第k级之间的数据中有用的过程的实施例的流程图。

[0016] 发明详述

[0017] 将在下文描述本发明的一个或多个特定实施例。致力于提供这些实施例的简洁描述，可不在该说明书中描述实际实现的所有特征。应领会，在任何这种实际实现的开发中，如在任何工程或设计项目中，必须做出许多实现特定的决策以达到开发者的特定目标，例如与系统相关和业务相关的约束一致，该目标可从一个实现变化到另一个。此外，应领会，这种开发努力可能是复杂并且耗时的，但对于受益于本公开的那些普通技术人员仍将是设计、制作和制造的例行任务。

[0018] 在引入本发明的各种实施例的元件时，冠词“一”、“一个”、“该”以及“所述”意图意味着存在一个或多个元件。术语“包含”、“包括”以及“具有”意图为包括的，并且意味着可能存在除了所列出的元件之外的附加的元件。

[0019] 诸如网状网络的某些通信网络可以包括多个节点，这些节点与其他节点互相结合或通信耦合。这些网络可以用于各种应用例如在遍及电网中的各种位置(例如商店、住宅等)处具有公用事业仪表(例如智能仪表)的电功率电网中。在智能电网网络的示例中，网络节点可以包括高级计量基础设施(AMI)智能仪表，该智能仪表与一个或多个相邻的仪表通信连接。这些仪表对公用事业(例如电力、水或煤气)至位置(例如，建筑)中的流量进行监测和/或控制。节点之间的互相通信被称为网状网络。由于可以存在于节点之间的多个路径，网状网络实现增强的通信可靠性。如果一个路径失效，则可以使用第二路径来与节点通信。某些网状网络可以使用用于实现网状网络通信的电气与电子工程师学会(IEEE)802.15.4规范。还可以使用其他规范或标准，例如ZigBee、优化链路状态路由选择协议(OLSR)、Babel、自组按需矢量路由选择(AODV)和/或目的地序列距离矢量路由选择(DSDV)。

[0020] 在某些网状网络中，可以在功能上将节点组织到树型结构中，其中根节点或边缘节点与不同级的分支节点通信耦合。于是，边缘节点可以促进分支节点与诸如基于互联网的系统的其他系统之间的通信。由于边缘节点可以与多个分支节点通信耦合，因而边缘节点可能成为通信瓶颈。例如，在诸如遵循IEEE 802.15.4标准的系统的传统的系统中，边缘节点可以仅通过单信道而通信。本文中所描述的实施例包括路由选择对在网状网络的边缘节点处实现多信道通信有用的系统、方法以及存储于非暂时性计算机可读媒介中的计算机指令。多信道通信可以使作为通信瓶颈的边缘节点最小化或消除。实际上，本文中所描述的系统、方法以及计算机指令的使用可以实现边缘节点与分支节点之间的通信吞吐量的大幅度提高，因而提高经由边缘节点而通信的节点密度(例如，分支节点的总数)。这个提高的吞吐量可以对诸如分布于遍及公用事业电网(例如，电功率电网)中的公用事业仪表(例如，智能仪表)的各种应用特别有益。

[0021] 每个节点可以使用适合于发送并且接收数据包的不同的跳频模式。边缘节点可以使用硬件和/或软件技术，如在下文中更详细地描述的，以实现适合于使用所有的可用频率

来与分支节点通信的多信道边缘路由器。独特的跳频模式可以进一步实现使用所有的可用频率。通过采用所有的可用频率，包括非标准的频率(例如，未被联邦通信委员会[FCC]许可的未经许可的频率)，本文中所描述的系统及方法可以支持每地理区域的更高的节点密度。在智能电网的示例中，这些系统及方法可以将从远程节点至边缘路由器的数据容量提高至单信道边缘路由器的数据容量的十倍至一百倍。边缘路由器配置成播送信标，该信标用于基于信标而使来自多个节点中的每个的数据的传输同步。此外，边缘路由器配置成大致同时地从多个节点中的每个接收数据。每个节点通过可用频率信道而在几乎不相关的跳频模式上传输。多个节点能够以每个包的冲突的已知的概率使用不相关的跳变模式来同时地传输。在多个频率上传输包去除确认(ACK)每个包的需要；相反地，使用来自一组可用频率的一组N个不相关的频率来重新发送消息。如果接收到N次传输中的任何一次，则正确地接收消息。能够将错误P的概率任意地降低至P^N。

[0022] 考虑到前文，图1是图示多信道无线网状网络10的实施例的框图。还描绘图例12，图例12适合于识别各种分支节点14、16、18、20、22以及24。节点14、16、18、20、22以及24可以包括几乎作为无线路由器操作的任何装置，包括(高级计量基础设施)AMI智能仪表(例如，公用事业电网的电表、煤气表或水表)、个人数字助理(PDA)、膝上型计算机或便携式计算机、平板、蜂窝电话、无线耳机、寻呼机、即时通讯装置、数码相机、接入点或可以无线地接收和/或传输信息的其他装置。在所描绘的实施例中，节点14设置于网络10的第一级或层处，节点16设置于第二级处，节点18设置于第三级处，节点20设置于第四级处，节点22设置于第五级处并且节点24设置于网络10的第六级处。因此，图例12包括图标15、17、19、21、23以及25，这些图标分别用于识别节点14、16、18、20、22以及24。将注意到，在其他实施例中，可以使用或多或少网络10级。还描绘的是网络10的区段26，区段26包括与分支28和分支30类似的n-2个附加的分支，这些分支可以包括各种级处的附加的节点。在智能电网的示例中，节点14、16、18、20、22以及24可以包括AMI智能仪表，AMI智能仪表适合于测量信息并且将信息提供给智能电网(例如，诸如电功率电网、供水网或供气网的公用事业电网)。例如，节点14、16、18、20、22以及24可以包括用于计量公用事业的消耗的电智能仪表、水表，煤气表等。

[0023] 在将节点引入网络10中时，节点14、16、18、20、22以及24中的每个可以自动地形成自组网状网络。例如，节点14、16、18、20、22以及24中的每个可以通过使用诸如低功率和损耗网络(RPL)协议或标准的路由选择协议的网状网络协议而与相邻节点14、16、18、20、22以及24通信，并且自配置为网络10的通信部件。例如，在自配置期间，可以使用自组发现、信号交换等。如上文所提到的，作为RPL的备选方案或除了RPL之外，还可以使用其他协议或标准，包括IEEE 802.15.4标准、ZigBee、OLSR、Babel、AODV、DSDV等。通过自动地形成网状网络，节点14、16、18、20、22和24以及在多信道无线网状网络10的区段26中找到的节点可以提供稳健、可伸缩的网络。例如，可以通过包括多个无线通信路径而提供冗余。如果节点变成不起作用，则可以使用其他相邻节点(例如，无线信号内的节点到达)来通过网络10而发送和接收数据。这类能力允许网络10使基础设施组件最小化，因为节点本身提供由网络10所使用的基础设施的大部分。实际上，使电缆和开关最小化或消除。另外，由于节点14、16、18、20、22以及24可以提供适合于自组发现并且与相邻节点14、16、18、20、22以及24信号交换的技术，可以使网络10的建立时间和成本最小化。

[0024] 在所图示的实施例中，多信道无线网状网络10包括边缘路由器32，边缘路由器32

与第1层中的节点14直接地连接，并且与剩余的层(例如，第2层、第3层、第4层、第5层以及第6层)中的节点16、18、20、22以及24间接地连接。将注意到，虽然所描绘的网络10包括一个边缘路由器32，但可以使用多个边缘路由器 32。在目前预期的实施例中，边缘路由器32可以与1级中的每个节点直接地通信，而节点的剩余的级(例如，第2级、第3级、第4级、第5级以及第6级)可以彼此通信。最终，来自第2级、第3级、第4级、第5级以及第6级的数据可以向上进入至(make its way up to)边缘路由器32。另外，边缘路由器32可以与其他系统34通信耦合。其他系统34可以包括内联网和/或互联网系统，例如可以通过使用节点14、16、18、20、22以及24而收集或计量公用事业使用数据、断供数据等的公用事业供应商(例如，电力、水、煤气供应商)。然后，公用事业供应商可以使用数据来给客户开账单、分析使用模式、对公用事业断供作出反应等。

[0025] 在一个示例中，其他系统34可以通过使用利用互联网工程任务组(IETF)制订标准(RFC)4944的互联网协议第六版(IPv6)标准及数据包而与边缘路由器32和节点14、16、18、20、22以及24通信。实际上，可以通过网络系统10而发送IPv6数据包，例如IETF RFC 4944数据包。

[0026] IETF RFC 4944数据包可以特别地构建成结合IEEE 802.15.4标准而使用。通过其他系统34可以使用其他通信标准，包括但不限于互联网协议第四版(IPv4)。通过提供节点14、16、18、20、22以及24与其他系统34之间的链路，边缘路由器32可以提高与其他系统34通信的节点14、16、18、20、22以及24的数量，并且，这可以以更高效而划算的方式这样做。因此，可以使用IPv6来发送主动提供的仪表读数(例如，来自公用事业供应商的对来自任何节点14、16、18、20、22以及24的数据的查询)。

[0027] 图2图示描绘表示网格的节点14、16、18、20、22以及24的每个层将占据的相对区域的一组同心环的节点密度简图36的实施例。每个环具有与对等连接的平均范围相等的相同的厚度。如上文所提到的，设置于第1层中的节点14将会与多信道边缘路由器32直接地通信耦合。因此，第1层被描绘为简图36的中心。第2层处的节点16可以通过第1层而与边缘路由器32连接。因此，第2层被描绘为包围第1层。以类似的方式，第3层处的节点18通过第2层而与边缘路由器32连接，第4层处的节点20通过第3层而与边缘路由器32连接，第6层处的节点24通过第4层而与边缘路由器32连接，第5层处的节点22通过第5层而与边缘路由器32连接等。因此，递增的层示为包围先前层。然后，边缘路由器32将会设置于第0层。

[0028] 考虑到，节点均匀分布于区域上，第1层被定义成具有n个节点，与边缘路由器连接的第1级处的节点的比是1:n。如所描绘的，第2层具有第2层的面积的3倍，并且因而假设均匀分布的节点具有3n个节点，第3层具有第1层的面积的5倍，因而具有5n个节点，第4层具有第1层的面积的7倍，并且因而具有7n个节点，第5层具有第1层的面积的9倍，并且因而具有9n个节点，并且，第6层具有第1层的面积的11倍，并且因而具有11n个节点。因此，每个第2层、第3层、第4层、第5层以及第6层的密度比分别是3:1、5:3、7:5、9:7以及11:9。实际上，本文中所描述的多路传送技术针对第k层和第k+1层而定义节点密度(2*k+1)： (2*(k-1)+1)。因而，(2*(k-1)+1)个节点可以与具有至少2*(k-1)个节点的下一层直接地连接。在其中节点表示AMI智能仪表的示例中，下文的表1示出每平方英里的节点密度值。

[0029] 表1 -每平方英里的节点密度(DPSM)

[0030]

	城市密度	郊区密度	农村密度
节点DPSM	1000	250	50
第1层中的节点=n	1000	250	50
第2层中的节点	3000	750	150
第3层中的节点	5000	1250	250
第4层中的节点	7000	1750	350
第5层中的节点	9000	2250	450
第6层中的节点	11000	2750	550

[0031] 如表1中所描绘的，如果假设第1层具有1平方英里的面积，则第1层中的节点的数量将会在城市地区等于1000，在郊区地区等于250，并且在农村地区等于50。使用先前定义的每个层中的节点的比，如表1中那样定义每个层中的节点。在该示例中，比第1层更大的所有的层中的节点的比具有3:1或更小的比，但在1第至边缘路由器中，与边缘路由器取出点连接的节点的比是n:1，或对于大都市是1000:1，对于郊区是250:1，并且对于农村是50:1。由于这些比与更高的层的3:1或更小的比相比而更大得多，因而系统的信道访问方案和容量受限于第1层至边缘路由器的容量和信道访问方法。如在下文中关于图3而更详细地描述的，可以实现这种节点密度。

[0032] 图3是描绘多信道无线网状网络10的实施例的框图，多信道无线网状网络10包括设置于第0层上的边缘路由器32、设置于第1层上的节点14、设置于第2层上的节点16以及设置于第k层上的节点38。网络10还通过边缘路由器32而与其他系统34(例如，电、煤气、水公用事业)通信连接。如所描绘的，边缘路由器32包括M个固定频率或跳频模式40、42、44、46以及48。即，边缘路由器32可以是适合于使用多个通信信道M的多信道边缘路由器32，每个信道在不同的频率或一组频率40、42、44、46以及48上通信。频率40、42、44、46以及48的频率范围可以包括适合于与底部层0-k中的节点通信的任何频率范围。例如，由IEEE 802.15,4、IEEE 802.11 a/b/g/x、IEEE 802.11s使用任何频率范围。实际上，可以使用任何射频。

[0033] 边缘路由器32包括分别适合于接收频率40、42、44、46以及48的一组无线电接收器50、52、54、56以及58。在一个实施例中，在硬件中实现接收器50、52、54、56以及58。在另一实施例中，在软件(例如，软件定义的无线电)中实现接收器50、52、54、56以及58。在该软件实施例中，通过使用可由计算装置运行的存储于机器可读媒介中的非暂时性计算机指令而实现某些组件，例如混频器、滤波器、放大器、调制器/解调器和/或检测器。在又一实施例中，接收器50、52、54、56以及58可以包括硬件接收器、软件接收器或其组合。

[0034] 多个接收器的使用可以显著地提高节点14、16、18、20、22、24以及38在网络10中传递并且路由选择包的能力。在单信道网状网络中，特定的通信信道上的任何一个边缘节点的传输造成瓶颈，并且取决于单信道网络中的节点之间的距离，可潜在地干扰那个信道上的其他节点的通信。这可导致在遍及整个网络中增加的冲突，增加的丢失的包，以及增加的包重新传输。通过诸如在频率40、42、44、46以及48之间使用多信道通信，边缘路由器32有效地提供多个边缘路由器 32的功能性。实际上，每个接收器50、52、54、56以及58可以在功能上提供传统的边缘节点的虚拟等效物。另外，在下文中关于图4和图5而更详细地描述的某些过程可以用于实现通过多信道无线网状网络10的基本上更高的吞吐量。

[0035] 图4是描绘边缘路由器的过程60的实施例的流程图，过程60适合于在设置于第0层中的边缘路由器32与设置于无线网状网络10的第1层中的节点14之间传输或接收数据。过程60可以实现为存储于诸如存储器、计算装置、控制器等的机器可读媒介中的非暂时性可运行指令。在所描绘的示例中，边缘路由器32出于同步的目的而在M个频率(例如，40、42、44、46以及48)中的一个频率上传输信标(框62)；然后，将数据包传输至设置于网络10的第1层中的节点14(框64)。然后，在框66中，从设置于网络10的第1层中的节点14接收数据包；并且，在框68中，去除任何重复的包。然后，过程60以跳变模式选择下一个频率，用于传输和接收，并且，回到框62而重复。过程60还通过节点14返回至框76，以接收下一个边缘路由器32信标而重复。

[0036] 系统中的每个节点具有关于从网络中的其他节点接收数据的随机跳频模式，如图4中所示，其中，每个节点在M个独立的中心频率信道上跳变。考虑到，模式的数量受限于可用频率信道的M数量，存在对独特性的限制。每个节点发现其能够可靠地连接的最低层处的节点，并且，与这些节点同步。由于系统中的每个节点使用不同的随机跳变模式，在将数据包从网格的第N层发送至更低的层时，系统使用多达M倍的节点连接对的带宽来跨越整个频率集。

[0037] 在所有的第1层节点必须在边缘路由器接收器频率集的单个频率上传输的现有技术的实现中的第1层至边缘路由器的连接中，在能够实例使用边缘路由器。为了采集边缘路由器接收器跳频模式，过程60要求第1层上的不同步的节点14，以从节点14的已知组M个选择随机频率(框64)，以便用于发现网络定时和配置。在一个实施例中，过程60可以使用一组多个M接收器，这些接收器各自具有诸如与接收器50、52、54、56或58相关联的频率40、42、44、46以及48的该组M个频率(例如，2至1000个频率)中的其自身的个别频率。在该实施例中，可以将不同的频率序列40、42、44、46或48分配给设置于第1层中的每个节点14。系统能够支持高达节点14的阶乘方程，而不需要限制特定的节点能够传输的占空比。系统能够通过限制特定的节点能够传输的占空比而支持第1层至边缘路由器处的更大数量的节点。节点的数量与占空比的降低成比例地增加。

[0038] 然后，边缘路由器32可以多路传送或播送信标(框66)。可以由第1层中的所有的节点14接收所播送的信标(框66)，并且，所播送的信标用于使节点14同步，以便随后传输数据包。在一个示例中，所播送的信标(框66)可以用作信道访问标准的一部分，例如合并于IEEE 802.15.4标准中的时分多址(TDMA)。然后，所播送的信标(框66)及相关联的 TDMA 协议可以用于使节点14的通信同步(框68)。例如，所有的节点14可以同时地(或近似同时地)传输数据包(框70)，然后，可以由边缘路由器32接收数据包。以这种方式，可以使用所有的可用频率40、42、44、46以及48。

[0039] 在一个实施例中，可以不确认所传输的数据包(框70)。实际上，不是发送确认(ACK)数据包(及相关联的通信)，而是通过不确认所传输的数据包(框70)，从而边缘路由器32可以节省时间和传输能量。而是，每个节点可以跳频(框72)并且重新传输数据包，因而基本上使丢失的数据包最小化或消除。每个数据包可以传输2次、3次、4次、5次、6次、M次或更多次，其中，M是可用的频率40、42、44、46以及48的总数。跳频(框72)可以是顺序的并且周期的。例如，对于被分配频率40的节点14，然后，节点14可以跳变至频率42，然后，跳变至频率44，然后，跳变至频率46，然后，跳变至频率48依此类推。在到达最后一个频率(例如，频率M)

时，然后，可以重新开始循环，其中下一跳使用第一频率(例如，频率40)。

[0040] 如所描绘的，在跳频(框72)之后，然后，节点14可以迭代至框70，以重新传输数据包或传输新的数据包(框70)。同样地，如所描绘的，在跳频(框72)之后，过程可以迭代至信标的播送(框66)，以实现可具有新近加入的网络10的新的节点14的同步(框68)。通过实现使用多个频率40、42、44、46以及48，包括未经许可的频率，并且，通过消除ACK包及相关联的通信的使用，从而过程60可以在使错误校正时间和能量最小化的同时，使频率使用最大化。另外，如在下文中关于图5而更详细地描述的，从第1级高达第k级且包括第k级的路由选择还可以使用所有的可用频率。

[0041] 图5描绘过程72的实施例，过程72适合于在设置于第1层中的节点14与边缘路由器32以及设置于无线网状网络10的第2层、第3层、第4层、第5层以及第k层中的节点16、18、20、22、24以及38之间传输或接收数据。如上文所提到的，在与单信道网络相比时，使用多信道边缘路由器32的多信道无线网状网络10实现更高的数据吞吐量。本文中所公开的技术提供改进的数据吞吐量和可靠性，并且，可以使用各种网格实现用于第1层、第2层、第3层、第4层、第5层以及第k层之间的网格连接性。过程70可以实现为可在计算装置中运行的非暂时性机器可读指令。

[0042] 在所描绘的实施例中，第1层中的节点14与信标同步，以获得用于通信的TDMA定时和跳频同步(框74)。一旦同步，每个节点14就可以开始从边缘路由器接收信标(框76)和包(框78)。在框80中，每个节点14将包传输至边缘路由器或第2层装置。在框82中，针对传输器和接收器而以跳频模式选择下一跳。使用该TDMA和跳频过程，重复地使用每个时隙中的不同的频率来在单独的TDMA时隙中将来自节点14的包1次至i次发送至边缘路由器。能够在边缘路由器处使用诸如CRC32错误校正过程的过程来确定成功的包传递。对于成功的包传递仅需要接收i个包中的一个。使用多次传输创建频率及时间分集，从而大大地提高成功地传递包的概率，并且，消除ACK包的需要。

[0043] 为了节点16、18、20、22、24以及38之间的网格连接性，网络可以使用各种网格实现用于第1层、第2层、第3层、第4层、第5层以及第k层之间的连接性，例如自组按需距离矢量(AODV)、移动自组联网的更好方法(BATMAN)、Babel、动态无矢量路由选择(DSDV)、动态源路由选择(DSR)、模糊视觉链路状态(HSLS)、混合无线网格协议(HWMP)、区域路由选择协议(ZRP)等。通过使用多信道边缘路由器用于与第1层的连接性，显著地增大网络的带宽并且减少延迟，改进节点16、18、20、22、24以及38与边缘路由器的通信性能。由于网络10中的每个节点16、18、20、22、24以及38可以使用独特的跳变模式，在将数据包从第N层移动至网络10的第1层的节点时，网络10可以使用多达M倍的节点连接对的带宽来同时地跨越包括未经许可的频率的整个频带。另外，在第2层至第N层中的节点16、18、20、22、24以及38之间的通信可以不使用ACK包。例如，节点16、18、20、22、24以及38可以2次、3次、4次、5次、6次、7次、8次、9次或10次重新传输数据，因而消除将ACK包用于提供对数据的接收或发送的确认的使用。

[0044] 本发明的技术效果包括设置于多个层中的节点的无线网状网络，其中第1层上的节点与多信道边缘路由器直接地连接。第1层上的节点可以通过同时地经由多个频率M而跳变来与边缘路由器通信。另外或备选地，第1层上的节点与边缘路由器之间的通信可以消除确认(ACK)包的使用，因而改进网络吞吐量。在一个实施例中，可以通过多次传输数据而消

除ACK包，因而提供数据包的多份副本。

[0045] 技术效果另外包括使用随机频率选择和基于TDMA的跳变来进行的第2层至第N层中的节点的多信道通信。通过使用频率选择的随机性，从而每个节点可以包括独特的跳变模式。因此，可以基本上改进多个频率的使用。

[0046] 该书面描述使用包括最佳模式的示例来公开本发明，并且还使本领域内技术人员能够实施本发明，其包括制作和使用任何装置或系统并且执行任何包含的方法。本发明的可取得专利范围由权利要求定义，并且可包括本领域内技术人员想到的其他示例。这类其他示例如果它们具有不与权利要求的书面语言不同的结构元素，或者如果它们包括与权利要求的书面语言无实质区别的结构元素则意图处于权利要求的范围内。

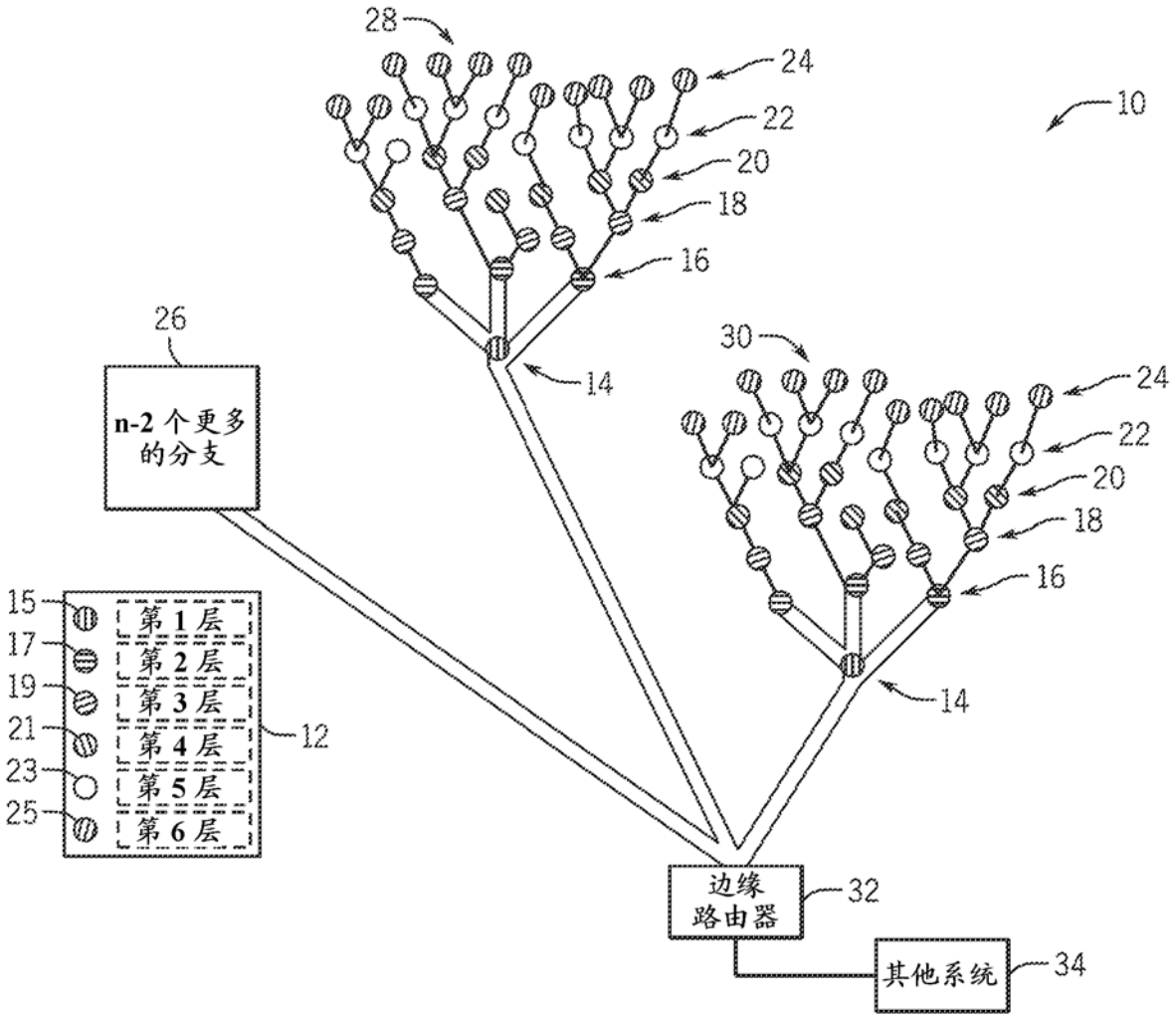

28
24
22
20
18
16
10
26
n-2 个更多的分支
14
30
24
22
20
18
16
14
15
17
19
21
23
25
第 1 层
第 2 层
第 3 层
第 4 层
第 5 层
第 6 层
12
边缘路由器
32
其他系统
34

图 1

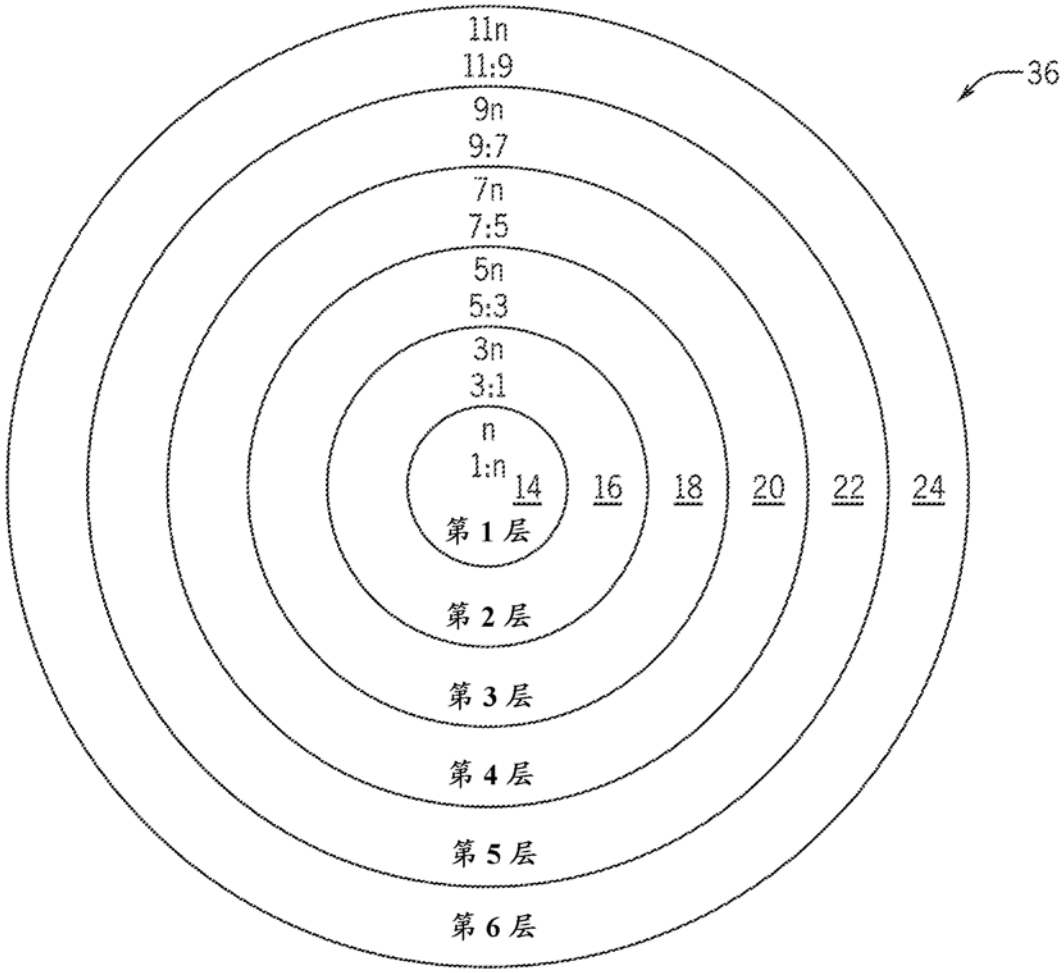

11n
11:9
9n
9:7
7n
7:5
5n
5:3
3n
3:1
n
1:n
14
16
18
20
22
24
36
第 1 层
第 2 层
第 3 层
第 4 层
第 5 层
第 6 层

图 2

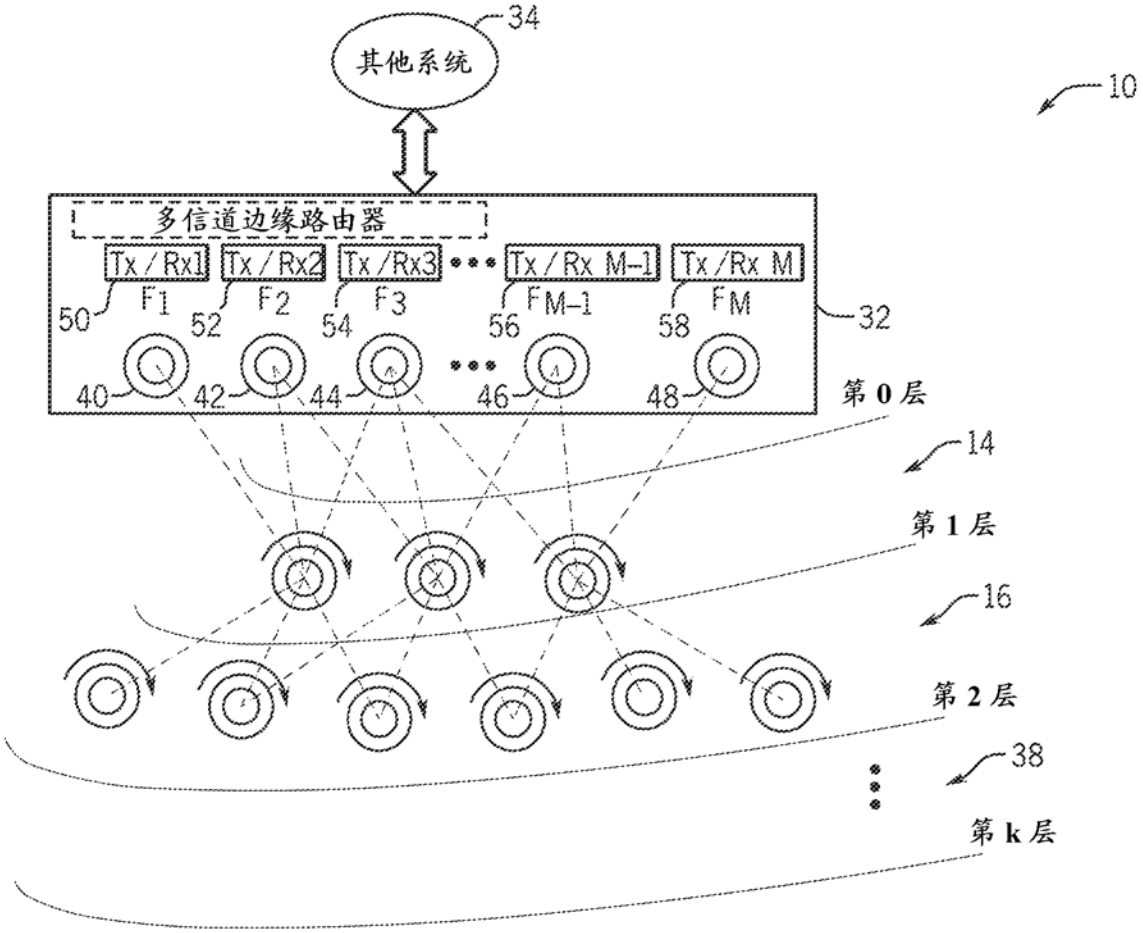

34
其他系统
10
多信道边缘路由器
Tx / Rx1
Tx / Rx2
Tx /Rx3
Tx / Rx M-1
Tx /Rx M
F1
F2
F3
FM-1
FM
50
52
54
56
58
32
40
42
44
46
48
第 0 层
14
第 1 层
16
第 2 层
38
第 k 层

图 3

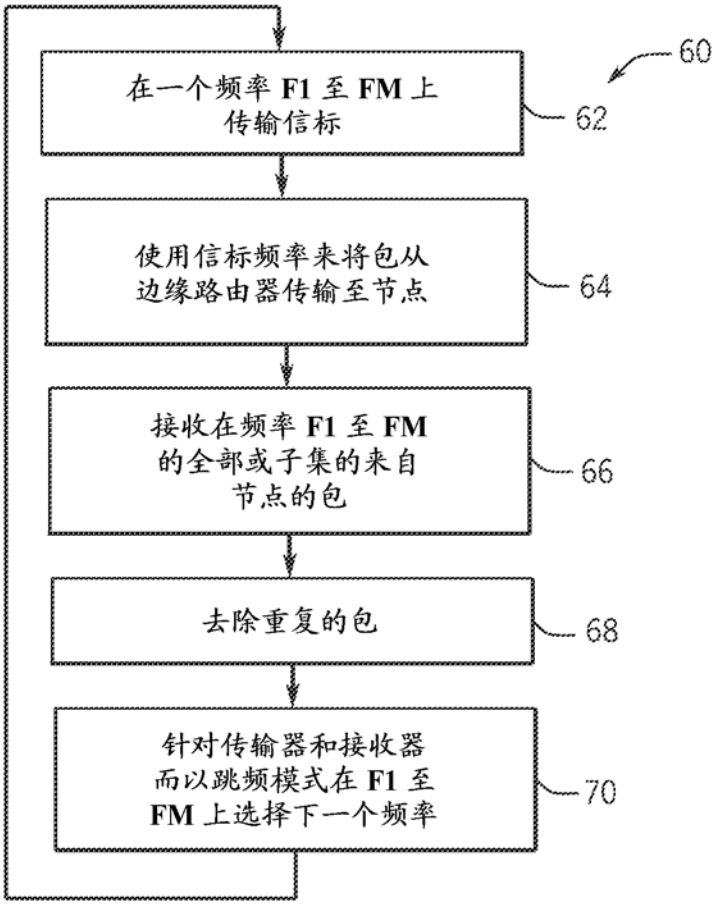

60
在一个频率 F1 至 FM 上传输信标
62
使用信标频率来将包从边缘路由器传输至节点
64
接收在频率 F1 至 FM 的全部或子集的来自节点的包
66
去除重复的包
68
针对传输器和接收器而以跳频模式在 F1 至 FM 上选择下一个频率
70

图 4

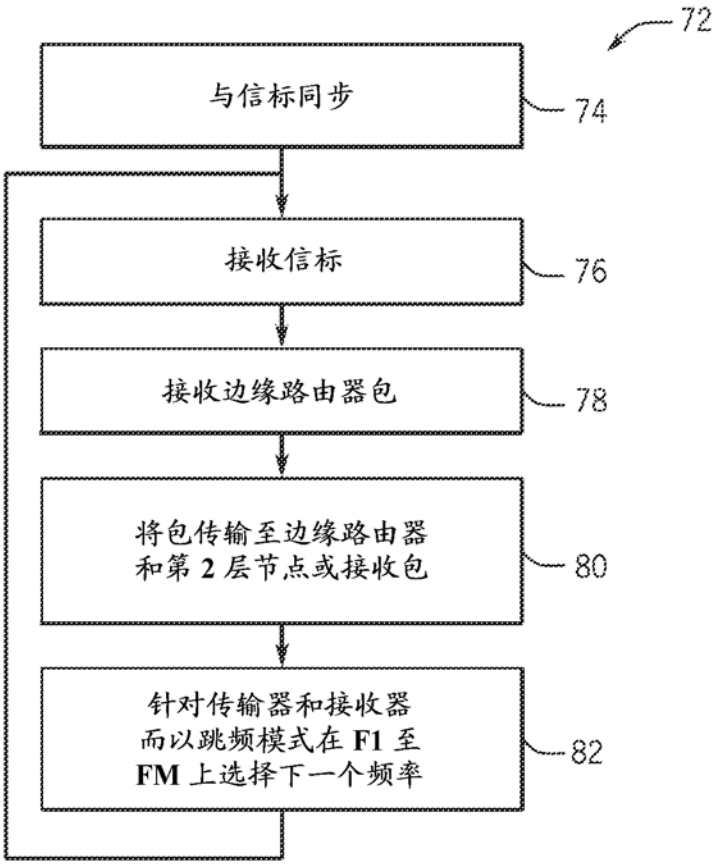

72
与信标同步
74
接收信标
76
接收边缘路由器包
78
将包传输至边缘路由器
和第 2 层节点或接收包
80
针对传输器和接收器
而以跳频模式在 F1 至
FM 上选择下一个频率
82

图 5