



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104756533 A

(43) 申请公布日 2015. 07. 01

(21) 申请号 201380056718. 6

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2013. 10. 28

H04W 16/14(2006. 01)

(30) 优先权数据

61/721, 875 2012. 11. 02 US

13/736, 845 2013. 01. 08 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 04. 29

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/067097 2013. 10. 28

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/070669 EN 2014. 05. 08

(71) 申请人 富士通株式会社

地址 日本神奈川县川崎市

(72) 发明人 G·法尔哈迪

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 吕俊刚 刘久亮

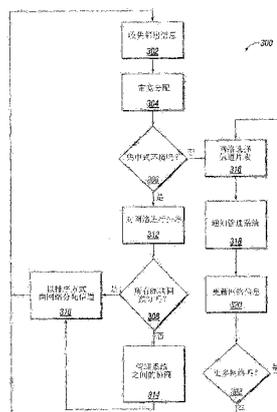
权利要求书3页 说明书15页 附图5页

(54) 发明名称

共享频谱接入的共存管理

(57) 摘要

公开了用于管理被配置为在共享频谱上操作的多个无线网络之间的共存的系统和方法。这些方法可以包括以下步骤:收集与所述多个无线网络中的每一个有关的多个数据;确定与所述多个无线网络中的每一个关联的负荷水平;确定带宽分配值,所述带宽分配值至少基于所述负荷水平;以及在所述多个无线网络当中分配多个信道片段。



1. 一种用于管理被配置为在共享频谱上操作的多个无线网络之间的共存的管理系统,所述管理系统包括:

处理器;

邻居检测引擎,其通信地连接到所述处理器,所述邻居检测引擎被配置为收集与所述多个无线网络中的每一个有关的多个数据;

负荷分析引擎,其通信地连接到所述处理器,所述负荷分析引擎被配置为确定与所述多个无线网络中的每一个关联的负荷水平;

频谱分析引擎,其通信地连接到所述处理器,所述频谱分析引擎被配置为确定带宽分配值,所述带宽分配值至少基于所述负荷水平;以及

信道分段引擎,其通信地连接到所述处理器,所述信道分段引擎被配置为在所述多个无线网络当中分配多个信道片段。

2. 根据权利要求 1 所述的系统,其中,所述多个信道片段的所述分配至少基于与所述多个信道片段中的每一个关联的得分。

3. 根据权利要求 1 所述的系统,其中,所述信道分段引擎还被配置为与第二管理系统协商管理责任。

4. 根据权利要求 3 所述的系统,其中,所述信道分段引擎还被配置为通过至少传送所述多个无线网络的经排序的列表、可用信道片段的列表以及邻居重复使用集中的信道片段的列表来协商所述管理责任。

5. 根据权利要求 1 所述的系统,其中,所述频谱分析引擎还被配置为标识邻居重复使用子集,所述邻居重复使用子集包括所述多个信道片段中的能够重复使用的一个或更多个。

6. 根据权利要求 5 所述的系统,其中,带宽分配值至少通过分配给所述多个信道片段的子集的总带宽来约束,其中,所述子集包括不是所述邻居重复使用子集的成员的信道片段。

7. 根据权利要求 1 所述的系统,其中,所述信道分段引擎被配置为通过以基于时间的方式分配所述多个信道的、在所述多个信道片段的子集当中的信道片段,来在所述多个无线网络当中分配所述多个信道片段。

8. 根据权利要求 1 所述的系统,其中,所述管理系统与 IEEE 802.19.1 标准兼容。

9. 一种用于管理被配置为在共享频谱上操作的多个无线网络之间的共存的系统,所述系统包括:

管理系统,其包括:

处理器;

邻居检测引擎,其通信地连接到所述处理器,所述邻居检测引擎被配置为收集与所述多个无线网络中的每一个关联的多个数据;

负荷分析引擎,其通信地连接到所述处理器,所述负荷分析引擎被配置为确定与所述多个无线网络中的每一个关联的负荷水平;

频谱分析引擎,其通信地连接到所述处理器,所述频谱分析引擎被配置为确定带宽分配值,所述带宽分配值至少基于所述负荷水平;以及

作为所述多个无线网络中的一个的无线网络,该无线网络被配置为:

接收与所述多个无线网络中的每一个关联的所述多个数据；
接收所述带宽分配值；以及
分配与所述无线网络关联的多个信道片段。

10. 根据权利要求 9 所述的系统，其中，所述无线网络还被配置为向所述管理系统传送与所述多个信道片段的所述分配关联的多个数据。

11. 根据权利要求 9 所述的系统，其中，所述多个信道片段的所述分配至少基于与所述多个信道片段中的每一个关联的得分。

12. 根据权利要求 9 所述的系统，其中，所述信道分段引擎还被配置为与第二管理系统协商管理责任。

13. 根据权利要求 12 所述的系统，其中，所述信道分段引擎还被配置为通过至少传送所述多个无线网络的有序列表、可用信道片段的列表以及邻居重复使用集中的信道片段的列表来协商所述管理责任。

14. 根据权利要求 9 所述的系统，其中，所述无线网络还被配置为标识邻居重复使用子集，所述邻居重复使用子集包括所述多个信道片段中的能够重复使用的一个或更多个。

15. 根据权利要求 14 所述的系统，其中，带宽分配值至少通过分配给所述多个信道片段的子集的总带宽来约束，其中，所述子集包括不是所述邻居重复使用子集的成员的信道片段。

16. 根据权利要求 9 所述的系统，其中，所述管理系统与 IEEE 802.19.1 标准兼容。

17. 一种用于管理被配置为在共享频谱上操作的多个无线网络之间的共存的方法，所述方法包括以下步骤：

收集与所述多个无线网络中的每一个有关的多个数据；
确定与所述多个无线网络中的每一个关联的负荷水平；
确定带宽分配值，所述带宽分配值至少基于所述负荷水平；以及
在所述多个无线网络当中分配多个信道片段。

18. 根据权利要求 17 所述的方法，其中，分配所述多个信道片段的步骤包括：分配至少基于与所述多个信道片段中的每一个关联的得分。

19. 根据权利要求 17 所述的方法，所述方法还包括以下步骤：与第二管理系统协商管理责任。

20. 根据权利要求 19 所述的方法，其中，协商所述管理责任的步骤包括：至少传送所述多个无线网络的经排序的列表、可用信道片段的列表以及邻居重复使用集中的信道片段的列表。

21. 根据权利要求 17 所述的方法，所述方法还包括以下步骤：标识邻居重复使用子集，所述邻居重复使用子集包括所述多个信道片段中的能够重复使用的一个或更多个。

22. 根据权利要求 21 所述的方法，其中，带宽分配值至少通过分配给所述多个信道片段的子集的总带宽来约束，其中，所述子集包括不是所述邻居重复使用子集的成员的信道片段。

23. 根据权利要求 17 所述的方法，其中，在所述多个无线网络当中分配所述多个信道片段的步骤包括：以基于时间的方式来分配所述多个信道的、在所述多个信道片段的子集当中的信道片段。

24. 根据权利要求 17 所述的方法,其中,所述方法与 IEEE 802.19.1 标准兼容。

共享频谱接入的共存管理

技术领域

[0001] 本发明总体上涉及通信网络,并且更具体地,涉及用于共享频谱接入的共存管理的系统和方法。

背景技术

[0002] 随着无线电网络的数目和类型激增,以及在所述无线电网络上承载的通信的量增加,管理包括不同的无线电接入技术、功率限制、频率限制和其它差异的无线电网络的网络已经变得日益重要。这些异质 (heterogeneous) 网络可能由于在这些网络当中被共享的空白频带 (white space band) 而变得日益复杂。虽然已经提供了一些解决方案以管理空白频带方面的共存,但是仍存在关于在避免干扰的同时使频谱重复使用以及频谱利用率 (utilization) 最大化的问题。

发明内容

[0003] 根据本公开的某些实施方式,公开了一种用于管理被配置为在共享频谱上操作的多个无线网络之间的共存的管理系统。所述管理系统可以包括:处理器;邻居 (neighbor) 检测引擎,其通信地连接 (couple) 到所述处理器,所述邻居检测引擎被配置为收集与所述多个无线网络中的每一个有关的多个数据;负荷分析引擎,其通信地连接到所述处理器,所述负荷分析引擎被配置为确定与所述多个无线网络中的每一个关联的负荷水平;频谱分析引擎,其通信地连接到所述处理器,所述频谱分析引擎被配置为确定带宽分配值,所述带宽分配值至少基于所述负荷水平;以及信道分段 (slicing) 引擎,其通信地连接到所述处理器,所述信道分段引擎被配置为在所述多个无线网络当中分配多个信道片段 (slice)。

[0004] 根据本公开的某些实施方式,公开了一种用于管理被配置为在共享频谱上操作的多个无线网络之间的共存的系统。所述系统可以包括管理系统和无线网络。所述管理系统可以包括:处理器;邻居检测引擎,其通信地连接到所述处理器,所述邻居检测引擎被配置为收集与所述多个无线网络中的每一个关联的多个数据;负荷分析引擎,其通信地连接到所述处理器,所述负荷分析引擎被配置为确定与所述多个无线网络中的每一个关联的负荷水平;以及频谱分析引擎,其通信地连接到所述处理器,所述频谱分析引擎被配置为确定带宽分配值,所述带宽分配值至少基于所述负荷水平。所述无线网络可以被配置为:接收与所述多个无线网络中的每一个关联的所述多个数据;接收所述带宽分配值;以及分配与所述无线网络关联的多个信道片段。

[0005] 根据本公开的某些实施方式,公开了一种用于管理被配置为在共享频谱上操作的多个无线网络之间的共存的方法。所述方法可以包括以下步骤:收集与所述多个无线网络中的每一个有关的多个数据;确定与所述多个无线网络中的每一个关联的负荷水平;确定带宽分配值,所述带宽分配值至少基于所述负荷水平;以及在所述多个无线网络当中分配多个信道片段。

附图说明

[0006] 为了更完整地理解本发明及其优点,现在参考结合附图作出的下列描述,其中:

[0007] 图 1 例示了根据本公开的某些实施方式的、用于管理空白空间 (white space) 中的共存的示例系统;

[0008] 图 2 例示了根据本公开的某些实施方式的、用于管理空白空间中的共存的示例管理系统;

[0009] 图 3 例示了根据本公开的某些实施方式的、用于管理空白空间中的共存的示例方法的流程图;

[0010] 图 4 例示了根据本公开的某些实施方式的、用于针对分散式 (decentralized) 无线网络系统的连续的分布式信道指派 (assignment) 的示例方法的流程图;以及

[0011] 图 5 例示了根据本公开的某些实施方式的、表示包括多个无线网络的示例系统的示例图。

具体实施方式

[0012] 通过参照图 1 至图 5 来最好地理解优选实施方式及其优点,其中,相同的编号被用于指示相同和相应的部件。

[0013] 随着数据通信量增长增加以及频谱变得日益缺乏,已经出现了若干个解决方案以满足移动宽带数据需求。一种解决方案可以是部署小的小区和中继站 (relay) 以重复使用被许可的 (licensed) 频谱。然而,被许可的频带中的有限的频谱可能导致太多的干扰并且因此可能具有差的性能。同样地,存在卸载 wifi 网络上的某些通信的提议。在某些情况下,这可能导致密集区域中的高的拥塞,并且可能由于例如在 IEEE 802. 11 技术中规定的固有的固定信道化 (channelization) 而出现问题。

[0014] 未被许可的频谱可以用于数据通信,包括当指定的用户未充分使用分配的频谱时在分配的频带内可用的频谱。该未被许可的带宽通常可以称为“空白频带”。例如,某些附加的频谱已经在电视 (“TV”) 频带中变得可用,并且更多的频谱可能在将来可用。当负有职责的人员 (incumbent) 没有正在使用该频带时,接入未被许可并且可以被使用。该频谱通常可以称为 TV 空白空间 (“TVWS”)。然而,空白频带的使用概述了在管理异质环境中的不同的无线网络的共存方面的某些困难。当前,IEEE802. 19. 1 旨在提供用于利于共存管理的框架,但是该提议仍在进行中。

[0015] 本公开的一个目的是向共享相同的频谱带 (spectrum band) (例如,TV 空白空间) 的每一个无线网络 (例如,接入点或基站) 分配频谱 (例如,带宽分配和信道指派)。每一个网络都可以基于不同的无线电接入技术 (例如,IEEE 802. 11WLAN、IEEE802. 22 或 LTE) 来操作并且可以属于不同的运营商。

[0016] 例如,可用于共享接入 (未被许可 / 免许可) 的频谱的总量可以用 B_{total} 表示。这可以是 TV 或联邦 (federal) 频带中的连续的频谱块 (chunk) 或者 TV 或联邦频带中的不连续的信道、和 / 或这两者的某些组合。

[0017] 在某些实施方式中,频谱分配中的一个目标可以是在避免对邻居网络的干扰的同时尽可能多地使用空白空间。另外,自适应带宽长度可以与每一个网络的负荷需求成比例

地分配给每一个网络。这可以提供对可用的未被许可的共享频谱的更好利用。为了支持自适应带宽分配,整个可用频谱可以被划分成每一个的宽度为 w Hz 的片段。

[0018] 一种用于管理异质环境中的共存的方法可以包括以下步骤:(1) 使频谱重复使用最大化,使得可以在给定干扰约束的情况下将尽可能多的带宽与每一个网络的负荷成比例地分配给每一个网络;以及(2) 在避免对邻居网络的干扰的同时基于带宽需求来指派信道片段。

[0019] 图 1 例示了根据本公开的某些实施方式的、用于管理空白空间中的共存的示例系统 100。在某些实施方式中,系统 100 可以包括多个无线网络 102、一个或更多个用户设备 104、以及通信地连接到所述无线网络 102 的一个或更多个管理系统 200。如下面参照图 2 至图 5 更详细描述,所述管理系统 200 可以被配置为在共享相同的频谱带的所述多个无线网络 102 中的每一个之间或当中分配频谱(例如,带宽分配和信道指派),以允许用户设备 104 通过无线网络 102 通信。在某些实施方式中,管理系统 200 还可以被配置为通过共享相同的频谱带的所述多个无线网络 102 中的每一个来提供可以利于频谱分配的数据。

[0020] 在某些实施方式中,无线网络 102 可以是到通信网络的接入点,所述接入点被配置为允许用户设备 102 通过所述通信网络通信。在某些实施方式中,当可以利用不同的无线电接入技术(例如,IEEE 802.11、IEEE 802.22、LTE 等)来操作时,每一个无线网络 102 共享与其它无线网络 102 相同的频谱带。此外,每一个无线网络 102 都可以由不同的运营商拥有和/或操作。例如,系统 100 可以包括四个无线网络 102(包括两个 LTE 发送塔)和两个 802.22 无线接入点。在相同或另选的配置中,系统 100 可以在不脱离本公开的范围的情况下包括无线网络 102 的更多的、更少的或不同的配置。

[0021] 在某些实施方式中,用户设备 104 可以是被配置为在通过所述无线网络 102 的任一个或全部通信和/或利于通信的电子装置和/或电子装置的组合。例如,用户设备 104 可以是蜂窝电话、平板计算机、膝上型计算机、其它用户设备 104 的网络,和/或其它适当的电子装置可以被配置为通过无线网络 102 发送和/或接收数据。

[0022] 在某些实施方式中,管理系统 200 可以包括多个组件,所述多个组件被配置为在共享相同的频谱带的所述多个无线网络 102 中的每一个之间或当中分配频谱(例如,带宽分配和信道指派),以允许用户设备 104 通过无线网络 102 通信和/或通过共享相同的频谱带的所述多个无线网络 102 中的每一个来提供可以利于频谱分配的数据,如下面参照图 2 至图 5 更详细描述。如下面参照图 2 至图 5 更详细描述,管理系统 200 可以包括这样的组件,所述组件可以以如下的方式对总的可用的频谱进行“分段”以实现多个无线网络 102 之间或当中的自适应带宽分配:考虑到每一个无线网络 102 的负荷需求以及在操作不同的无线电接入技术的无线网络 104(“异质接入网络”)当中的干扰条件。

[0023] 管理系统 200 可以是任何电子装置或者被配置为管理邻居无线网络 102 当中的共存的电子装置的聚集体,如下面参照图 2 至图 5 更详细描述。尽管管理系统 200 被例示为单个电子装置,但是本领域普通技术人员将要认识到,在不脱离本公开的范围的情况下,管理系统 200 可以是彼此通信地连接的多个电子装置。此外,系统 100 可以包括多个管理系统 200,如下面参照图 2 至图 5 更详细描述。例如,系统 100 的某些配置可以包括预订(subscribe)了由管理系统 200 提供的单个管理服务(“集中式服务”)的多个无线网络

102。系统 100 的其它配置可以包括通过由多个管理系统 200 提供的多个管理服务（“集中式协商服务”）所管理的多个无线网络 102。系统 100 的另外的其它配置可以包括不预订集中式管理服务（“分散式服务”）的多个无线网络。

[0024] 在操作中，可以存在尝试接入给定区域内的共享频谱带的多个接入无线网络 102。在这种配置中，可能有必要或期望管理无线网络 102 之间的干扰。例如，在无线网络 102 当中缺乏足够的协调时，干扰可能限制和 / 或恶化系统 100 的性能。然而，无线网络 102 可以彼此显著不同，包括不同的无线电接入技术、功率限制、频率限制等。结果，无线网络 102 之间或当中的频谱分配的管理可以导致干扰的减少、更有效的资源分配以及更好的系统性能。

[0025] 某些现有的解决方案例如在无线局域网（“WLAN”）中提供信道指派，以便共享 2.4 和 / 或 5GHz 频带。然而，这些解决方案可能被限制为使用固定带宽分配向每一个网络分配一个信道。其它现有的解决方案在 WLAN 中提供信道指派，其可以向每一个接入点分配连续的信道。然而，这些解决方案不能容易应用于其中多个运营商控制不同的无线网络 102 的系统 100 和 / 或其中无线网络 102 基于不同的无线电接入协议来操作的系统 100。另外的其它现有的解决方案为在电视空白空间（“TVWS”）频带上操作的网络提供管理。然而，这些解决方案未能考虑到对不同类型的无线网络 102 的自适应信道指派，未能考虑到带宽分配中的频谱分配的最大化，并且未能考虑到信道指派方面的频谱重复使用。

[0026] 图 2 例示了根据本公开的某些实施方式的、用于管理空白空间中的共存的示例管理系统 200。在某些实施方式中，管理系统 200 可以包括负荷分析引擎 202、干扰分析引擎 204、频谱分析引擎 206、信道分段引擎 208 和邻居检测引擎 210。

[0027] 在某些实施方式中，负荷分析引擎 202、干扰分析引擎 204、频谱分析引擎 206、信道分段引擎 208 和邻居检测引擎 210 可以是管理系统 200 的一个或更多个组件，包括软件、固件、和 / 或硬件模块和 / 或组件。在不脱离本公开的范围的情况下，每一个组件都可以是独立组件、更大组件的一部分、和 / 或可以与示例管理系统 200 中例示的组件不同地配置。例如，每一个组件都可以驻留在彼此通信地连接的一个或更多个服务器上，其中所述一个或更多个服务器包括管理系统 200。这些服务器可以位于一处 (colocated) 和 / 或彼此远程定位。作为另一示例，所有组件可以是管理系统 200 的部分，和 / 或替代地，某些组件可以是一个或更多个用户 104 和 / 或无线网络 102 的部分。

[0028] 在某些实施方式中，邻居检测引擎 210 可以被配置为确定共享带宽的所述多个无线网络 102 的位置、性质和其它需求。在管理系统 200 内，邻居检测引擎 210 可以被配置为接收、处理、聚集和 / 或准备该数据以供管理系统 200 使用。例如，邻居检测引擎可以收集来自所有无线网络 102 的所有相关数据，并且然后使得该数据可用于负荷分析引擎 202、干扰分析引擎 204、频谱分析引擎 206 和 / 或信道分段引擎 208。

[0029] 例如，如上面参照图 1 以及下面参照图 3 更详细描述，每一个无线网络 102 都可以具有不同的需求（例如，带宽、发送功率、系统架构、可允许的装置类型等）。在管理系统 200 的某些配置中，可以存在采用普通的无线电接入技术的多个无线网络 102（例如，多个 802.22 接入点）以及采用不同的无线电接入技术的一个或更多个无线网络 102。在这些配置中，邻居检测引擎 210 可以被配置为存取来自从无线网络 102 通知的信标信号的和无线网络 102 有关的信息。

[0030] 此外,如下面参照图 3 至图 5 更详细描述,管理系统 200 可以被配置为向其它无线网络 102 提供与邻居无线网络 102 关联的数据。例如,在分散式环境中,管理系统 200 可以向邻居无线网络 102 提供报告,以足以使得无线网络 102 能够在无需做出关于带宽和信道指派的集中决策的情况下确定带宽和信道指派。在集中式环境和分散式环境两者中,邻居检测引擎 210 可以被配置为收集无线网络数据,以便使所述无线网络数据可用于管理系统 200 的其它组件。

[0031] 在某些实施方式中,管理系统 200 可以被配置为与关于共存管理的标准兼容。例如,IEEE 802.19.1 提供了示例共存管理架构,其中,集中式系统可以获取关于每一个无线网络 102 的信息(例如,负荷需求、接入技术、位置等)。管理系统 200 可以被配置为将该信息提供给系统 100 内的、共享公共频谱的所述多个无线网络 102。例如,每一个无线网络 102 都可以预订由管理系统 200 提供的服务,其中,管理系统 200 提供共享频谱内的信道指派。作为附加示例,管理系统 200 可以提供可以与在每一个无线网络 102 处的信道选择关联的信息。

[0032] 在某些实施方式中,负荷分析引擎 202 可以被配置为分析系统 100 内的每一个无线网络 102 上的当前负荷(例如,可用容量)。负荷分析引擎 202 可以被配置为帮助管理系统 200 与每一个无线网络 102 的负荷需求成比例地向每一个无线网络 102 分配自适应带宽长度。例如,负荷分析引擎 202 可以分析在如上面更详细描述的邻居检测引擎 210 处接收的数据。负荷分析引擎 202 可以被配置为导出与系统 100 的每一个无线网络的负荷关联的数据,如下面参照图 3 至图 5 更详细描述。所述负荷可以是与无线网络 102 关联的用户的总数目、无线网络 102 被配置为支持的合计数据速率、或者网络负荷的任何其它适当的标识符。负荷分析引擎 202 可以使得该数据可用于干扰分析引擎 204、频谱分析引擎 206、信道分段引擎 208 和 / 或邻居检测引擎 210。

[0033] 在某些实施方式中,干扰分析引擎 204 可以被配置为分析所述多个无线网络 102 之间或当中的当前干扰水平。干扰分析引擎 204 可以利用可通过邻居检测引擎 210 得到的数据来确定给定的无线网络 102 是否可以在另一无线网络 102 的发送范围内和 / 或干扰另一无线网络 102,如下面参照图 3 至图 8 更详细描述的。

[0034] 在确定可以共享相同的频谱带的无线网络 102 的集合之后,干扰分析引擎 204 可以使得与该分析关联的数据可用于管理系统 200 的频谱分析引擎 206、信道分段引擎 208、邻居检测引擎 210 和 / 或负荷分析引擎 202。

[0035] 在某些实施方式中,频谱分析引擎 206 可以被配置为确定系统 100 的无线网络 102 之间或当中的最佳带宽分配,如下面参照图 3 至图 8 更详细描述的。频谱分析引擎 206 可以利用可通过邻居检测引擎 210、负荷分析引擎 202 和干扰分析引擎 204 得到的数据来确定最佳带宽分配。

[0036] 在确定最佳带宽分配之后,频谱分析引擎 206 可以使得与该分析关联的数据可用于管理系统 200 的信道分段引擎 208、邻居检测引擎 210、负荷分析引擎 202、干扰分析引擎 204 和 / 或频谱分析引擎 206。

[0037] 在某些实施方式中,信道分段引擎 208 可以被配置为在系统 100 的各种无线网络 102 之间或当中分配共享频谱的带宽,如下面参照图 3 至图 8 更详细描述的。信道分段引擎 208 可以利用可通过邻居检测引擎 210、负荷分析引擎 202、干扰分析引擎 204 和 / 或

频谱分析引擎 206 得到的数据来分配带宽。

[0038] 在某些实施方式中,信道分段引擎 208 可以被配置为以通过向邻居网络指派正交信道来避免干扰的方式分配带宽,使得可以实现由频谱分析引擎 206 标识的所需带宽,如下面参照图 3 至图 5 更详细描述。

[0039] 在操作中,管理系统 200 可以被配置为向集中式储存库 (repository) 提供与邻居无线网络 102 关联的数据。另外,如在上面和下面参照图 3 至图 5 更详细描述,管理系统 200 还可以被配置为向多个无线网络 102 提供集中式共存管理服务。在某些实施方式中,无线网络 102 可以被配置为由管理系统 200 集中提供服务。例如,所有无线网络 102 可以预订一个管理系统 200。在这些配置中,管理系统 200 可以向使用所述频谱的一部分的每一个无线网络 102 发信号,如下面参照图 3 更详细描述。所述信道指派可以是连续的或不连续的。

[0040] 图 3 例示了根据本公开的某些实施方式的、用于管理空白空间中的共存的示例方法 300 的流程图。方法 300 可以包括以下步骤:确定系统是否为集中的;确定是否共同操作所有无线网络;收集邻居网络信息;向所述无线网络分配带宽;以及指派信道。

[0041] 根据一个实施方式,方法 300 优选地开始于步骤 302。本公开的教导可以以各种配置来实现。同样,用于方法 300 的优选的初始化点和包括方法 300 的步骤 302-322 的顺序可以取决于所选择的实现方式。

[0042] 在步骤 302 处,方法 300 可以收集关于邻居无线网络 102 的信息,如上面参照图 1 和图 2 以及下面参照图 4 和图 5 更详细描述。关于无线网络 102 的信息可以包括无线电接入技术的类型、功率限制、频率限制等。如下面参照图 4 更详细描述,该数据可以被聚合成报告(例如,CXReport)。

[0043] 在某些配置中,可以被收集的一条数据是可以被重复使用的信道的集合。在下面提供的示例公式中,术语“ L_u ”被用于表示网络 u 的负荷,其中 u 是所述多个无线网络 102 中的一个。在下面提供的示例公式中,“ G ”表示干扰图,其中所述多个无线网络 102 可以被表示为所述图的顶点。在某些配置中,如果在两个无线网络 102 之间存在边缘,则这两个网络可以在彼此的干扰范围内。干扰分析引擎 204 还可以被配置为分析干扰数据以确定频谱的什么部分可以被重复使用。

[0044] 例如,图 G 可以表示系统 100 内的无线网络 102 的数目 N 。 $N(u)$ 于是可以被用于指示干扰系统 100 内的所述多个无线网络 102 的网络 u 的无线网络 102 的集合。 $N(u)$ 可以被分成两个子集: $N_R(u)$ 和 $\tilde{N}(u)$ 。 $N_R(u)$ 可以是与其被分配的信道片段可以由 u 的某些其它邻居网络重复使用的网络 u 相邻的无线网络 102 的子集。 $\tilde{N}(u)$ 可以是与可以重复使用被分配给 $N_R(u)$ (“邻居重复使用子集”)中的网络的信道的网络 u 相邻的无线网络 102 的子集。下面提供的伪代码例示了用于确定所述集合 $\tilde{N}(u)$ 的一个示例方法。在所提供的示例中,

[0045]

```

for  $u = 1:N$ 
     $v \in N(u)$ 
     $\bar{N}(u) = \phi$ 
     $C_u = \text{cardinality}(N(u))$ 
    for  $i = 1, \dots, C_u - 1$ 
        if  $v_i \notin \bar{N}(u)$ 
            for  $j = i + 1, \dots, C_u$ 
                if  $E_{ij} = 0$ 
                    {
                         $\bar{N}(u) \leftarrow v_j$ 
                         $N_R(u) \leftarrow v_i$ 
                         $\text{reusePair} \leftarrow (v_i, v_j)$  // 可以重复使用相同的信道片
                                                    段的网络对
                    }
                 $j = j + 1$ 
            end
        end
         $i = i + 1$ 
    end
     $u = u + 1$ 
end

```

[0046] 在某些配置中,可能出现用 $O(N^3)$ 表示的穷举搜索的最坏情况的复杂性(多项式时间复杂性)。不同的算法可以被用于增加时间复杂性。然而,在系统 100 的某些配置中,在密集市区中部署的无线电网络的数目 N 通常小于每 $100 \times 100\text{m}^2$ 面积 100 或 200 个。因此,所述穷举搜索对于该密度可以是可行的。

[0047] 在收集了数据之后,方法 300 可以进行到步骤 304。在步骤 304 处,方法 300 可以确定系统 100 的无线网络 102 之间或当中的最佳带宽分配。

[0048] 在下面提供的示例公式中, P_u 可以被用于表示网络 u 可以被允许在空白频带上发送的最大功率。该功率水平可以例如根据规则来确定。 B_u 可以被用于表示分配给网络 u 的带宽,创建向量 B , 其中 B 等于 $[B_1, \dots, B_N]$ 。 B_{total} 可以被用于表示可用于系统 100 的带宽的总量。

[0049] 公式 1

[0050] $\max_B \sum_{u=1}^N B_u$

[0051] 公式 2

[0052] 约束条件为 $B_u \geq \alpha f_u(\text{load}_u) B_{total}, \forall u$

[0053] 公式 3

$$[0054] \quad B_u + \sum_{v \in N_R(u)} B_v \leq B_{total}, \forall u$$

[0055] 在某些实施方式中, 频谱分析引擎 206 可以被配置为根据上面的公式 1 来分析频谱数据。在某些配置中, 这可以用来使频谱重复使用最大化。为了不使给定的无线网络 102 过载, 频谱分析引擎 206 还可以被配置为经由公式 2 的分析来约束该分配。该约束可以确保每一个无线网络 102 针对其负荷需求得到频谱的“公平共享”。在某些配置中, 通过参数 α 来调整所述约束。 α 可以被表征为网络 102 之间或当中的公平性与频谱利用率之间的折衷。另外, 公式 2 的约束使用了下面参照公式 4 更详细描述公式 $f(\text{load})$ 。

[0056] 公式 4

$$[0057] \quad f_u(\text{load}) = \left(\frac{L_u}{L_u + \sum_{v \in N_R(u)} (L_v)} \right)$$

[0058] 如上面参照图 1 和图 2 更详细描述, 系统 100 可以包括在待共享的频谱上具有不同的功率限制的多个无线网络 102。例如, 4 瓦特 (Watt) 基站可以与 100 毫瓦特 (mWatt) 接入点共存。在这些配置中, 上面在公式 4 中表示的负荷函数可以被修改成包括功率失配 (例如, 通过用 $\frac{L_u}{P_u}$ 替换 L_u)。 α 和 $f(\text{load})$ 的组合可以被共同理解为“带宽共享指标”, 如上面参照图 1 和图 2 更详细描述的。

[0059] 在某些实施方式中, 可以存在另一约束, 如上面参照公式 3 所例示的。该约束可以确保分配给给定的网络及其邻居 (其不属于所述网络邻居重复使用子集) 的总带宽不超过总的可用带宽。该约束可以实现对邻居网络的正交信道指派, 可能避免干扰。此外, 该约束可以通过考虑重复使用不在彼此的干扰范围内的这些网络来提高频谱利用率。

[0060] 上面参照公式 1 至公式 4 描述的带宽优化问题描写了线性规划 (linear programming) 问题。改变参数 α 可以实现公平性与频谱利用率之间的不同的折衷。还可以确定参数 α 的值, 使得使最差的节点性能最大化, 如下面公式 5 所例示的。

[0061] 公式 5

$$[0062] \quad \max_{\alpha, B} \alpha$$

[0063] 约束条件为 $B_u \geq \alpha f_u(\text{load}_u) B_{total}, \forall u$

$$[0064] \quad B_u + \sum_{v \in N_R(u)} B_v \leq B_{total}, \forall u$$

[0065] 在确定优化的带宽分配之后, 方法 300 可以进行到步骤 306。在步骤 306 处, 方法 300 可以确定系统 100 的无线网络 102 是否是集中式环境的一部分。如上面参照图 1 和图 2 更详细描述的, 无线网络 102 可以预订由管理系统 200 提供的公共的集中式管理服务。在其它配置中, 无线网络 102 可以预订多个管理服务, 导致集中式协商服务。如果系统 100 是集中式环境, 则方法 300 可以进行到步骤 308。如果系统 100 是分散式环境, 则方

法 300 可以进行到步骤 316。

[0066] 在步骤 308 处,方法 300 可以根据预定的顺序对无线网络 102 进行排序。根据管理系统 200 的期望配置,这可以以各种方法来完成。例如,无线网络 102 可以基于无线电接入技术(例如,WLAN 因为潜在的连续的信道指派需求而排第一)、负荷需求(例如,重负荷的排第一)、循环(round robin)方式和/或任何适当的排序标准来排序。在某些配置中,排序可以不与给定网络的特征直接相关。例如,管理系统 200 可以根据 DSATUR 类型算法对无线网络 102 进行排序。在这个示例中,图着色(graph-coloring)算法建立了必须被着色的网络和指派哪些颜色(即,非干扰频率)的顺序。在该算法的每次迭代时,选择具有更高的饱和度的网络(即,在干扰图中具有更大数目的经着色的邻居的节点)来进行着色。如果不止一个节点具有相同的饱和度,则选择具有最高的普通程度的节点(即,具有更大数目的邻居的节点)。如果持续该绘制,则可以执行随机选择。指派给所选择的网络的颜色是没有正在其邻居中的任一个上使用的最低信道。该类型的算法还可以例如被修改成首先基于 802.11 并且然后基于网络的饱和度来对网络进行着色。在对无线网络 102 进行排序之后,方法 300 可以进行到步骤 310。

[0067] 在步骤 310 处,方法 300 可以确定系统 100 的无线网络 102 是否共同预订相同的管理系统。如上面参照图 1 和图 2 更详细描述,无线网络 102 可以共同预订相同的管理系统。如果所述无线网络共同预订,则方法 300 可以进行到步骤 314。如果所述无线网络没有共同预订,则方法 300 可以进行到步骤 312。

[0068] 在步骤 314 处,方法 300 可以向所述多个无线网络 102 指派共享频谱的信道。在某些实施方式中,总的可用频谱可以被划分成宽带为 w 的片段。例如,该信道片段带宽可以对应于子载波带宽(例如,在正交频分多址(“OFDMA”)网络中)或者与一个长期演进(“LTE”)资源块对应的 180kHz。在某些实施方式中,信道分段引擎 208 可以被配置为分析用于指示信道应当仅被用于所需的时间的一部分的数据的经优化的带宽(例如,当上面更详细描述的线性规划问题的结果导致非整数解时)并因此指派信道。

[0069] 出于例示的目的, $ChannelSet = \{all\ Channel\ slices\}$ 和 $ChannelSlicesAllocated_u$ 可以是分配给网络 u 的信道片段的集合。然后将用于 u 的可用信道片段的列表定义为

$ActiveChannelSet_u = ChannelSet - \{ChannelSliceAllocated_j, \forall j \in N(u) \text{ 并且 } j < u\}$ 。在某些实施方式中,该 $ActiveChannelSet_u$ 可以包括在两个邻居网络之间按时间共享的完整片段或片段的一部分。 $ReuseSet_u$ 还可以被定义为针对被分配给可以重复使用共享频谱(其是可重复使用的)的网络和网络 u 的邻居的所有信道片段的并集(union): $ReuseSet_u = \bigcup_{k \text{ reusePair of } u} ChannelSlicesAllocated_k$ 。

[0070] 下面的伪代码例示了用于确定信道指派的示例方法。尽管使用该示例,然而本领域普通技术人员可以在不脱离本公开的范围的情况下理解其它方法。

[0071] 1:对网络进行排序(例如,基于它们的负荷、随机排序等)

[0072] 2:for $u = 1:N$

[0073] for $b_u = 1:n_u = \text{ceiling}\left(\frac{B_u}{w}\right)$

```

[0074]         根据集合  $\text{ActiveChannelSet}_u \cap \text{ReuseSet}_u$  中的片段向该片段指派
[0075]         最佳得分（包括时间共享）
[0076]         if Cardinality( $\text{ActiveChannelSet}_u \cap \text{ReuseSet}_u$ ) <  $n_u$ ,
[0077]         根据该集合  $\text{ActiveChannelSet}_u$  继续指派片段, 直到
[0078]          $B_u$  带宽被分配给网络  $u$  为止（包括时间共享）
[0079]         end
[0080]     更新  $\text{ActiveChannelSet}_{u+1}$ 
[0081]     更新  $\text{ReuseSet}_{u+1}$ 
[0082] end

```

[0083] 在某些实施方式中, 与每一个信道片段关联的得分可以是该片段的包括以下一个或多个特征的函数: 信道质量 (例如, 更高得分用于更好的信道信噪比)、频率范围 (例如, 更高得分用于处在频带的更低部分) 和 / 或连续性 (contiguity) (例如, 更高得分用于连续的信道片段)。例如, 单独基于信道质量得分所分配的信道片段可以导致非连续信道的使用, 可能导致载波分量的碎裂 (fragmentation)。

[0084] 为了与支持载波聚合的标准规范一致, 每一个信道片段都不应当小于所支持的最小载波分量。例如, 如果所有无线网络 102 都基于 LTE 技术来操作, 则信道片段应当至少为 1.4MHz (LTE 中支持的最小载波分量)。具有不同的接入技术的网络也可以接入该频带。例如, 当前 IEEE 802.11 WLAN 标准 (例如, 用于通过 TVWS 频带来扩展 WLAN 的 802.11af) 支持至少 5MHz 的信道化。同样, 要求 5MHz 带宽的信道片段支持非连续载波聚合。在具有有限数目的空白空间的市区中, 该要求导致频谱的低效率 / 不公平的使用。

[0085] 例如, 为了提高公平性并且更好地利用可用的频谱, 可以期望更精细粒度 (granular) 的信道片段。为了实现更小的信道片段带宽, 分配给每一个 WLAN 接入点的带宽可以小于根据 IEEE 802.11 标准规定的标称信道带宽 (例如, 5、10 和 20MHz 信道化和 / 或它们的聚合组合)。然而, 为了在 OFDM 信号的情况下避免大的峰值平均功率比 (“PAPR”) (因此需要昂贵的放大器), 连续的信道片段可以是优选的。因此, 对于利用共享相同信道的混和的 LTE 和 WLAN 技术的异质网络设置, 假定将连续的信道片段指派给 WLAN, 则信道片段可以和 1.4MHz 一样小。对于多个 WLAN (来自不同的运营商) 共享信道的设置, 考虑到相同的连续信道指派需求, 信道片段可以和一个子载波长度一样小。

[0086] 尽管已经通过上面的公式 1 至公式 5 及其附随文字例示了通过带宽分配和信道指派来实现共存管理的一个示例方法, 然而本领域普通技术人员将要认识到, 在不脱离本公开的范围的情况下可以使用其它方法。例如, 如上面更详细描述, 管理系统 200 的某些配置可以以使得一个信道对于整个时间段都不携带数据 (“时间共享”) 的方式来指派信道。然而, 系统 100 的某些配置可能不容易适应于时间共享。例如, 如果无线网络 102 由不同的运营商来操作和 / 或实现不同的无线电接入技术, 则可能不支持调度和 / 或同步化。在这些配置中, 上面参照公式 5 更详细描述带宽分配问题可以如下面参照公式 6 例示地修改。

[0087] 公式 6

$$[0088] \quad \max_n \sum_{u=1}^U n_u$$

[0089] 约束条件为 $n_u \geq \alpha f_u(\text{load}_u) S, \forall u$

$$[0090] \quad n_u + \sum_{v \in N_R(u)} n_v \leq S, \quad \forall u$$

[0091] 在以上示例中, S 可以被理解为 $S = \frac{B_{total}}{W}$ 或者片段的总数目。在公式 6 中, n_u 可以仅取整数值, 使得可以将整数个片段指派给网络 u, 创建向量 n, 其中, n 等于 $[n_1, n_2, \dots, n_N]$ 。公式 6 表示整数线性问题。线性规划问题。针对公式 4 描述的对松弛线性规划问题的解决方案可以提供与针对公式 6 描述的整数线性规划问题有关的上界。然后可以使用分支定界 (branch-and-bound) 和 / 或其它数值技术对公式 6 进行求解。

[0092] 在指派信道之后, 方法 300 可以返回到步骤 302 以再次开始所述处理。

[0093] 再次参照步骤 310, 如果所有无线网络 102 没有共同预订, 则方法 300 可以进行到步骤 312。在步骤 312 处, 方法 300 可以经历管理所述多个无线网络 102 的所述多个管理系统 200 之间或当中的协商。协商可以包括所述多个管理系统 200 之间或当中的消息传送 (messaging)。例如, 因为在步骤 308 处对网络进行排序, 所以在涉及多个管理服务器时通知用于信道指派的网络的顺序的“Ordering”消息可能必需的。例如, 这可以被例如包括在 IEEE 802.19.1 标准中的在管理系统 200 之间交换的“NegotiationInformation”中。

[0094] 作为另一示例, 信道指派中的下一个步骤可以是确保没有将重复的信道片段分配给邻居网络。同样, 管理系统 200 可以被配置为向其它管理系统 200 通知已经分配的信道的列表, 使得其它实体计算用于预订所述信道的网络的 activeChannelSet (下面参照图 5 更详细描述)。然后可以确定用于这些无线网络 102 的 ReuseSet (下面参照步骤 314 更详细描述)。例如, 可以通过例如“ListOfSupportedFrequencies” (在某些实施方式中, 连同最小信道片段带宽参数一起) 或 802.19.1 标准中的相似的数据类型在“NegotiationInformation”信号中携带与每一个无线网络 102 对应的所分配的信道的列表在每一个管理系统 200 的管理下的消息交换。在结束协商之后, 方法 300 可以进行到步骤 314。

[0095] 再次参照步骤 306, 如果方法 300 确定系统 100 是分散式环境, 则方法 300 可以进行到步骤 316。在步骤 316 处, 方法 300 可以使每一个无线网络 102 选择适当的信道片段, 如下面参照图 4 更详细描述的。一旦选择了片段, 方法 300 就可以向管理系统 300 通知这些变化, 如下面参照图 4 更详细描述的。一旦通知了管理系统 200, 方法 300 就可以进行到步骤 320。

[0096] 在步骤 320 处, 方法 300 可以更新与给定的无线网络 102 关联的数据, 如下面参照图 4 更详细描述的。一旦更新了该数据, 方法 300 就可以进行到步骤 322。在步骤 322 处, 方法 300 可以确定是否应当分析更多的无线网络 102。如果是, 则方法 300 可以返回到步骤 316。如果不是, 则方法 300 可以返回到步骤 302 以再次开始所述处理。

[0097] 在某些实施方式中, 方法 300 的步骤可以通过系统 100 的某些或所有组件来执行, 如上面参照图 1 和图 2 以及下面参照图 4 和图 5 更详细描述的。例如, 在某些配置中, 邻居

检测引擎 210 可以负责收集并报告关于邻居无线网络 102 的数据。在其它配置中,在不脱离本公开的范围的情况下,可以由系统 100 的不同的组件来执行这些步骤。

[0098] 尽管图 3 公开了待针对方法 300 所采取的特定数目的步骤,然而可以使用比图 3 中所描绘的步骤更多或更少的步骤来执行方法 300。例如,在某些实施方式中,上面参照步骤 314 更详细描述的信道分配可以是在开始每一个无线网络 102 的信道指派时可以重新进行 (revisit) 协商的重复处理。另外,尽管图 3 公开了包括方法 300 的步骤的特定顺序,然而可以以任何适当的顺序来完成包括方法 300 的所述步骤。例如,在所示的方法 300 的实施方式中,在信道指派之前并且在带宽分配之后来完成系统 100 是否是集中式环境的确定。然而,在某些配置中,可以在正执行的任何其它步骤之前来完成环境的确定。

[0099] 图 4 例示了根据本公开的某些实施方式的、用于针对分散式无线网络系统的连续的分布式信道指派的示例方法 400 的流程图。图 4 包括:对网络进行排序;发送邻居数据;确定带宽和有效 (active) 信道集;向片段指派得分;检查带宽需求;以及向管理系统通知已更新的数据。

[0100] 根据一个实施方式,方法 400 优选地开始于步骤 402。本公开的教导可以以各种配置来实现。同样,用于方法 400 的优选的初始化点和包括方法 300 的步骤 402-416 的顺序可以取决于所选择的实现方式。通常,方法 400 的步骤可以对应于方法 300 的步骤 316-322,如上面参照图 3 更详细描述的。

[0101] 在步骤 402 处,方法 400 可以对各种无线网络 102 进行排序,如上面参照图 1 至图 3 更详细描述的。在对所述网络进行排序之后,方法 400 可以进行到步骤 404。在步骤 404 处,方法 400 可以以排序方式向每一个无线网络 102 传送与所述无线网络 102 的邻居关联的数据。在某些实施方式中,该数据可以包括干扰网络的列表、它们的操作参数、带宽共享指标值、最小信道片段带宽、重复使用集等。在发送该数据之后,方法 400 可以进行到步骤 406。

[0102] 在某些分散式环境中,例如,管理系统 200 可以提供关于干扰网络的报告(例如,“中央服务报告”或“CXReport”),如上面参照图 1 至图 3 更详细描述的。该报告可以包含与所述网络的操作频率、接入技术、干扰水平等关联的数据。在某些实施方式中,所述报告还可以包括从频谱分析引擎 206 获得的推荐的带宽值和/或带宽共享指标,如上面参照图 3 更详细描述的。该数据可以被用作对于每一个无线网络 102 使用多少带宽可能是公平的指示。

[0103] 在步骤 406 处,方法 400 可以确定最佳带宽和有效信道集。例如,使用从管理系统 200 接收的带宽因子,每一个无线网络 102 都可以确定其能够使用多少带宽,这导致信道的有效使用并且可能不干扰邻居无线网络 102。在没有来自管理系统 200 的带宽信息的情况下,每一个无线网络 102 都可以本地确定用于其操作的带宽(例如,与其负荷相关),并且可以并入 (incorporate) 关于其邻居无线网络 102 的知识。每一个无线网络 102 都可以做出关于操作参数的决策并且将数据发送回到管理系统 200。例如,每一个无线网络 102 都可以选择使干扰成本最小化或者具有最佳信道质量的信道片段的集合(例如,贪婪 (greedy) 算法)。这种贪婪的分布式信道指派可能会导致两个邻居无线网络 102 之间的干扰。为了避免该问题,对于下一个单位时间,当更新 CXReport 时,每一个无线网络 102 都可以接收与其性能关联的、可以导致进行更好的决策(例如,经由增强学习)并且可

以收敛 (converge) 到“正交”信道指派的数据。

[0104] 在确定最佳带宽和有效信道集之后,方法 400 可以进行到步骤 408。在步骤 408 处,方法 400 可以从有效信道集中的片段开始指派具有最佳得分的片段。上面参照图 1 至图 3 更详细地描述了信道得分。在某些实施方式中,具有最佳得分的片段可以是来自集合 $ActiveChannelSet_u \cap ReuseSet_u$ 的片段,如上面参照图 1 至图 3 更详细描述。因此,可以首先指派这些片段。在某些实施方式中,方法 400 还可以包括选择信道片段带宽作为信道指派处理的一部分。例如,使用从管理系统 200 接收的片段带宽因子,每一个无线网络 102 都可以确定适当的信道片段带宽。例如,可以从管理系统 200 接收片段带宽数据作为报告 (例如,CXReport) 的一部分。作为另一示例,可以将信道片段带宽假定成是由邻居无线网络 108 支持的最小载波分量,如上面参照图 3 更详细描述。

[0105] 一旦指派了具有最佳得分的片段,方法 400 就可以进行到步骤 412。在步骤 412 处,方法 400 可以确定是否已经将所有带宽 B_u 分配给网络 u 。如果是,则方法 400 可以进行到步骤 414。如果不是,则方法 400 可以返回到步骤 408。如果需要更多的片段以满足带宽需求,则方法 400 可以选择附加的片段,直到满足所述带宽需求为止。

[0106] 再次参照步骤 412,如果已经分配了所有带宽,则方法 400 可以进行到步骤 414。

[0107] 在步骤 414 处,方法 400 可以向管理系统 200 通知在进行到步骤 416 之前选择的片段。在步骤 416 处,方法 400 可以在进行到步骤 416 之前更新与无线网络 102 的邻居关联的数据。在步骤 416 处,方法 400 可以确定附加的无线网络 102 是否需要已更新的邻居数据。在某些实施方式中,方法 400 可以按无线网络 102 的顺序向下一个无线网络 102 发送与无线网络 102 的邻居关联的已更新的数据。可以随后在无线网络 102 的集合当中传递所述数据。如果更多的网络需要所述邻居数据,则方法 400 可以返回到步骤 404。如果没有更多的网络需要所述邻居数据,则方法 400 可以返回到步骤 402。

[0108] 尽管图 4 公开了待针对方法 400 所采取的特定数目的步骤,然而可以使用比图 4 中描述的步骤更多或更少的步骤来执行方法 400。另外,尽管图 4 公开了包括方法 400 的步骤的特定顺序,然而可以以任何适当的顺序来完成包括方法 400 的这些步骤。例如,在所示的方法 400 的实施方式中,在信道指派之前并且在带宽分配之后来完成系统 100 是否是集中式环境的确定。然而,在某些配置中,可以在正执行的任何其它步骤之前来完成环境的确定。

[0109] 图 5 例示了根据本公开的某些实施方式的、表示包括多个无线网络 102 的示例系统 100 的示例图 500。提供图 5 作为共存管理的示例性示例,以便帮助理解。图 5 不应当被理解成限制本公开的范围。

[0110] 图 500 包括多个无线网络 102。在示例图 500 中,系统 100 包括由 102A-102F 表示的六个无线网络 102。该图上的节点中的每一个之间的线指示由这种线连接的两个节点是否可能彼此干扰。例如,无线网络 102A 和 102B 可能干扰,而无线网络 102A 和 102E 不干扰。

[0111] 应用上面参照图 1 至图 4 更详细描述的方法 (methodology),可以建立干扰各个无线网络 102 的网络的集合。此外,还可以针对每一个无线网络 102 来确定邻居重复使用子集。例如,在下面针对示例无线网络 102A-102F 中的每一个来列举这些集合,其中,用于每一个示例无线网络的标号对应于表示特定无线网络 102 的字母。

[0112]

$$\begin{array}{ll}
 N(A) = \{2,3\} & \tilde{N}(A) = \emptyset \\
 N(B) = \{1,3\} & \tilde{N}(B) = \emptyset \\
 N(C) = \{1,2,4,6\} & \tilde{N}(C) = \{4,6\} \\
 N(D) = \{3,5\} & \tilde{N}(D) = \{5\} \\
 N(E) = \{4\} & \tilde{N}(E) = \emptyset \\
 N(F) = \{3\} & \tilde{N}(F) = \emptyset
 \end{array}$$

[0113] 如上面参照图 1 至图 4 更详细描述,这可以允许重复使用对的集合的确定。根据无线网络 102C,可以确定所述重复使用对的集合为 (4, 1)、(4, 2), (6, 1) 和 (6, 2)。同样,根据无线网络 102D,所述集合可以被扩展成包括 (5, 3)。

[0114] 然后将所述重复使用对的集合应用于带宽最优化问题,如上面参照图 1 至图 4 更详细描述。例如,这可以使受上面参照图 1 至图 4 更详细描述公平性因子约束的以及受被分配给不属于重复使用子集的网络及其邻居的总带宽约束的频谱利用率最大化。

[0115] 以所述最大化问题、上面标识的重复使用子集和假定的 6MHz 的 B_{total} 开始,可以在该示例中将用于每个无线网络 102A - 102F 的带宽确定成是:

$$[0116] \quad B_A = 2 \quad B_B = 2 \quad B_C = 2$$

$$[0117] \quad B_D = 3 \quad B_E = 3 \quad B_F = 4$$

[0118] 在无线网络 102D、102E 的情况下,这些节点处的总带宽大于 6MHz,并且因此所分配的带宽受到约束。将这些数目总计在一起给出了总带宽值 16,允许频谱重复使用值为 16/6。本领域普通技术人员可以领会的是,该重复使用值是对某些现有的解决方案的改进。

[0119] 接着转到信道分配问题,并且假定六个片段中的每一个(表示为 a、b、c、d、e 和 f)皆为 1MHz,图 500 可以提供在无线网络 102A-12F 当中的分段的示例。在下面的示例计算中,上面参照图 1 至图 4 更详细描述 ActiveChannelSet 可以被表示为 A_u ,其中,“u”表示所参考的特定无线网络 102。同样,上面参照图 1 至图 4 更详细描述 ReuseSet 可以被表示为 R_u ,并且上面参照图 1 至图 4 更详细描述 ChannelSlicesAllocated 可以被表示为 C_u 。在所提供的示例中,无线网络 102A-102F 已经被排序如下:102A、102B、102D、102C、102E、102F。

$$[0120] \quad 102A : A_A = \{a, b, c, d, e, f\} \Rightarrow C_A = \{a, b\}$$

$$[0121] \quad R_A = \emptyset$$

$$[0122] \quad 102B : A_B = \{c, d, e, f\} \Rightarrow C_B = \{c, d\}$$

$$[0123] \quad R_B = \emptyset$$

$$[0124] \quad 102D : A_D = \{a, b, c, d, e, f\} \Rightarrow C_D = \{a, b, c\}$$

$$[0125] \quad R_D = \{a, b, c, d\}$$

$$[0126] \quad 102C : A_C = \{e, f\} \Rightarrow C_C = \{e, f\}$$

$$[0127] \quad R_C = \emptyset$$

$$[0128] \quad 102E : A_E = \{d, e, f\} \Rightarrow C_E = \{d, e, f\}$$

$$[0129] \quad R_E = \{e, f\}$$

[0130] 102F : $A_F = \{a, b, c, d\} \Rightarrow C_F = \{a, b, c, d\}$

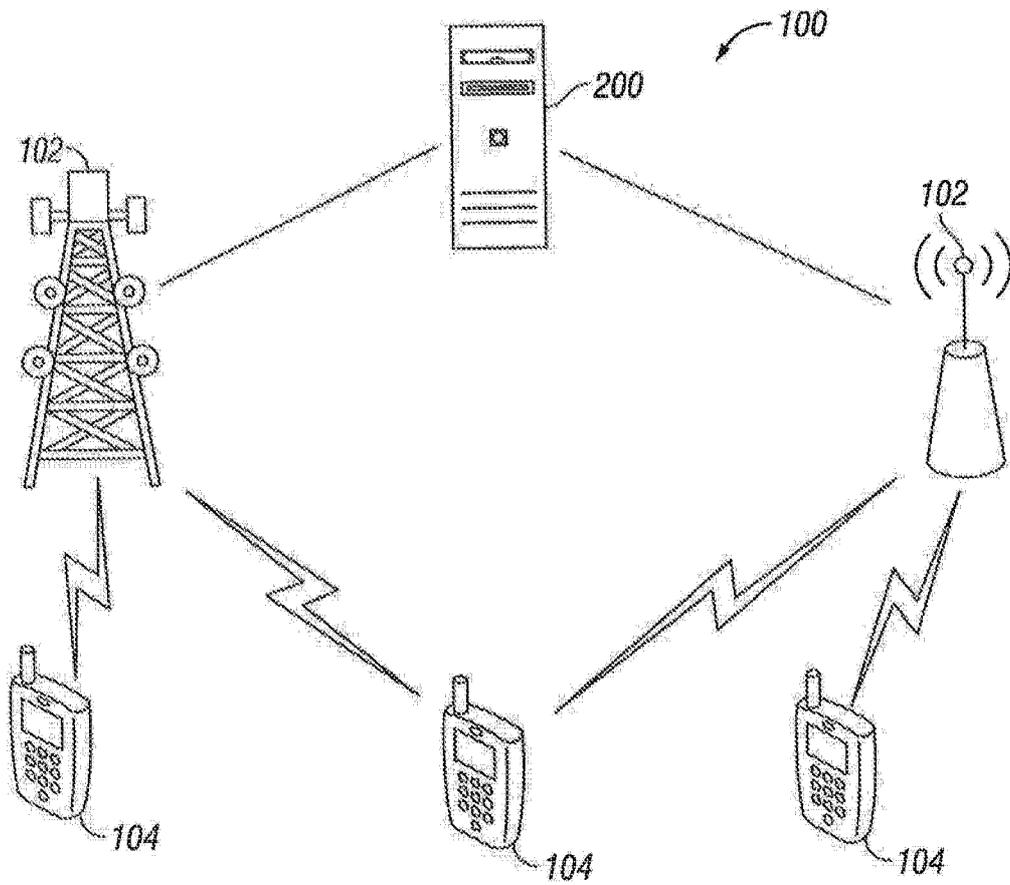


图 1

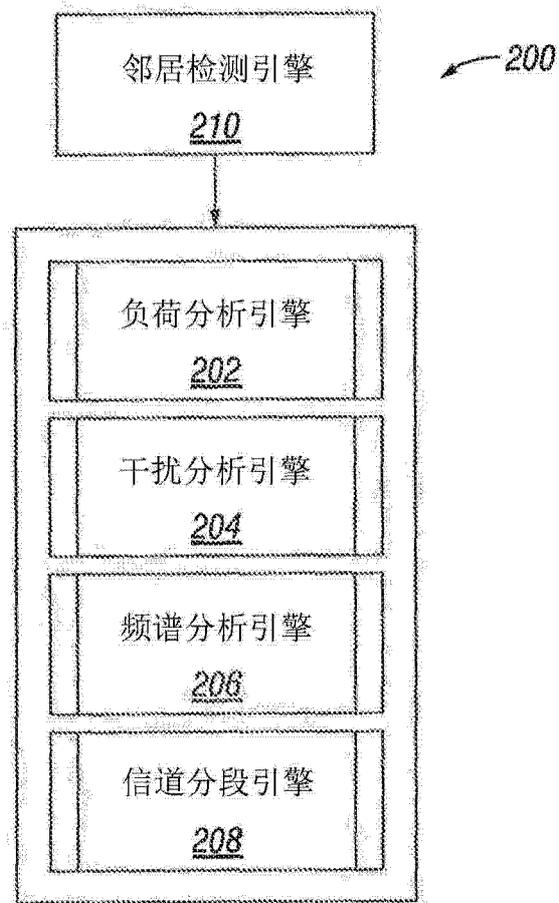


图 2

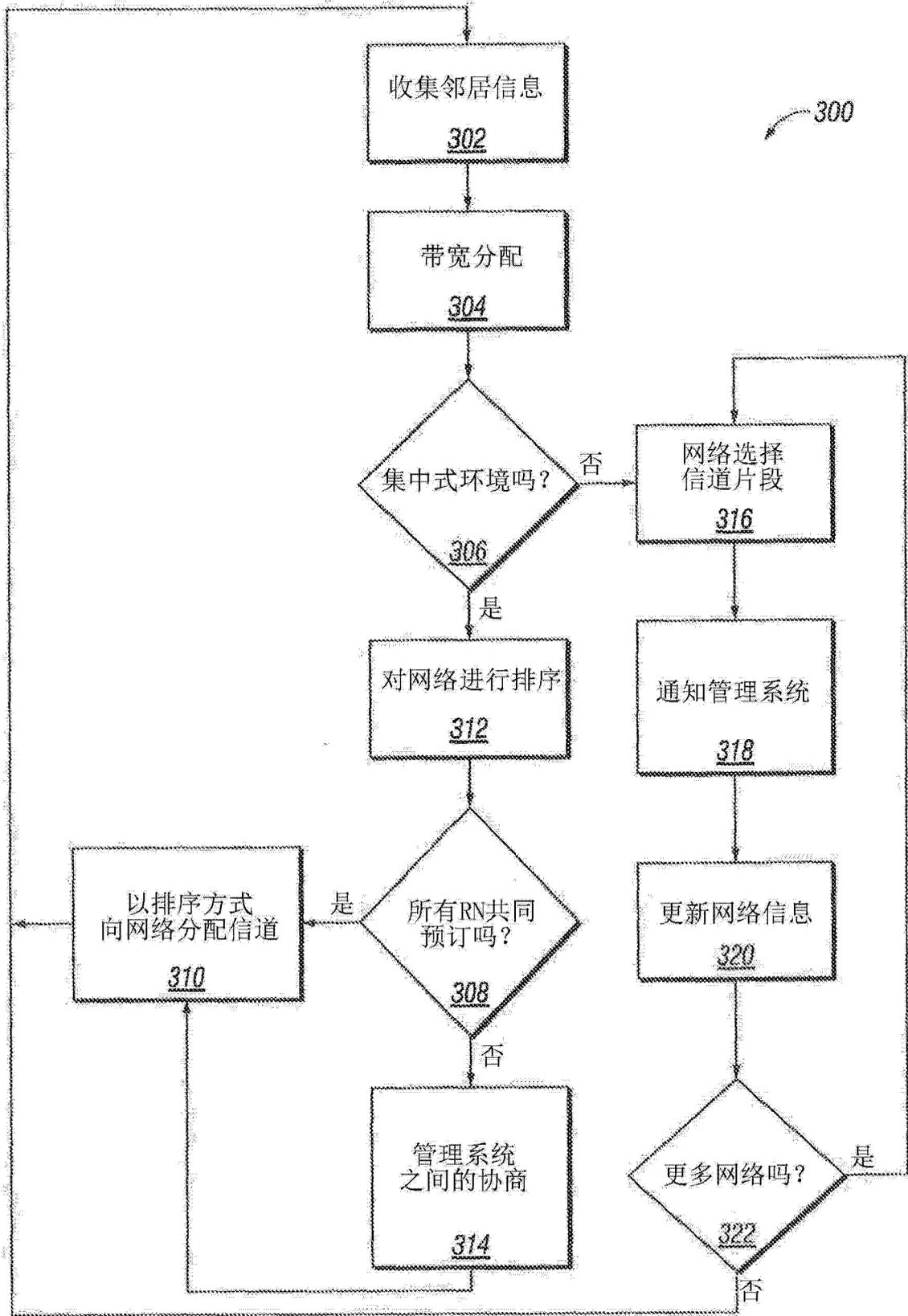


图 3

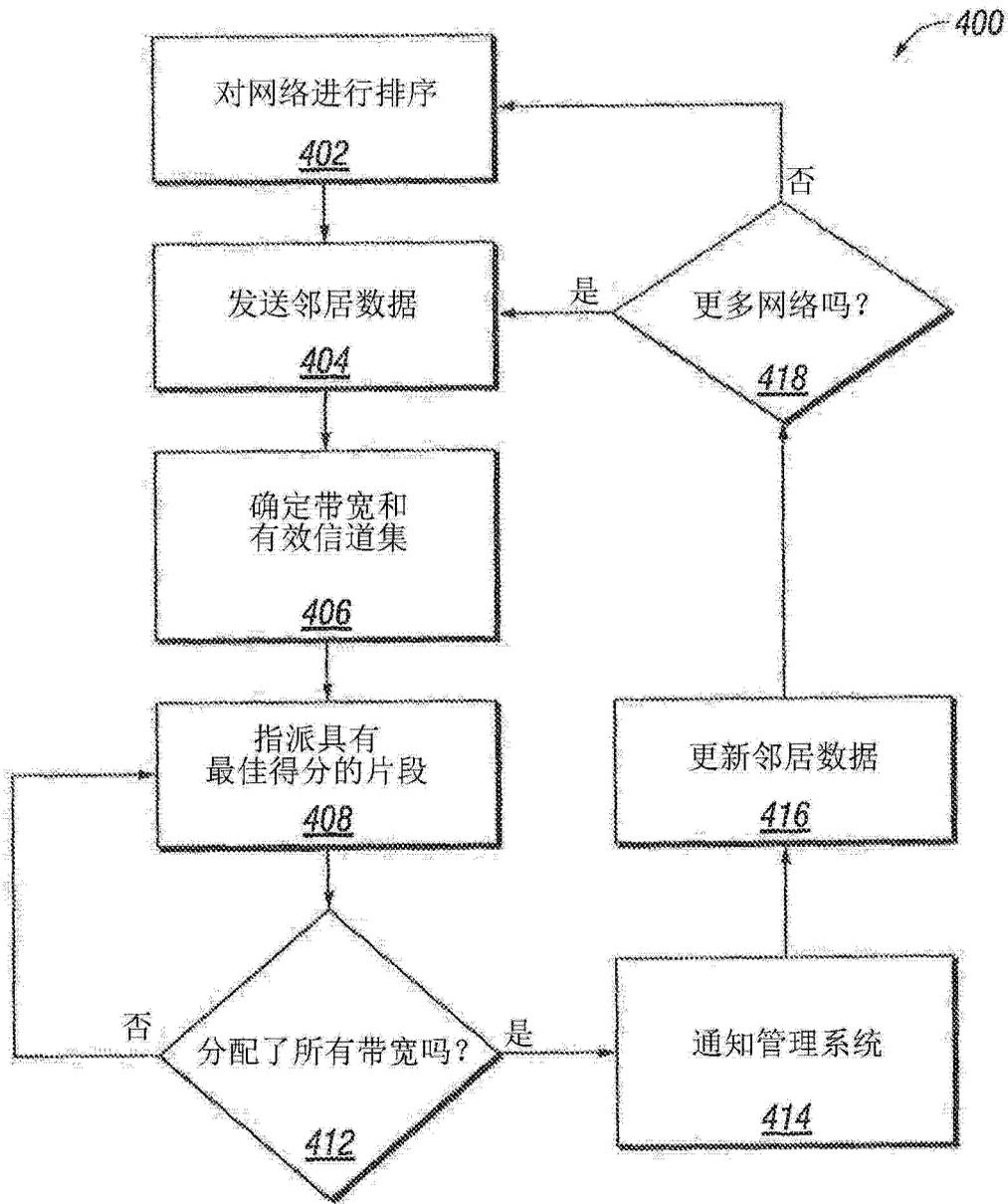


图 4

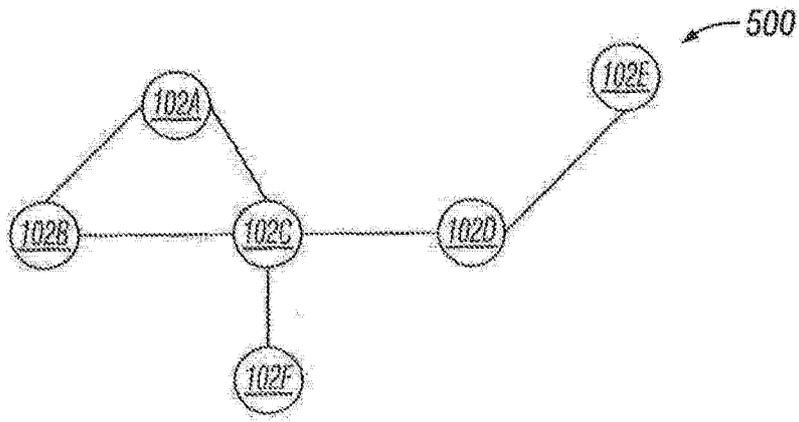


图 5