



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107079399 A

(43)申请公布日 2017.08.18

(21)申请号 201580049061.X

Y·金 P·杜瓦 M·阿格拉瓦尔

(22)申请日 2015.08.28

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

(30)优先权数据

62/050,674 2014.09.15 US

14/837,775 2015.08.27 US

代理人 张扬 王英

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2017.03.13

(51)Int.Cl.

H04W 52/02(2009.01)

H04W 64/00(2009.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2015/047561 2015.08.28

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/043954 EN 2016.03.24

(71)申请人 高通股份有限公司

地址 美国加利福尼亚

(72)发明人 张小欣 N·张 C·H·阿尔达纳

权利要求书3页 说明书15页 附图11页

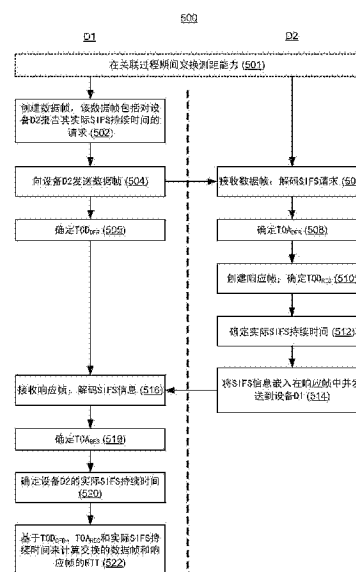
(54)发明名称

用于高效定位的IEEE 802.11增强技术

(57)摘要

可以通过以下操作来在第一无线设备D1与第二无线D2之间执行测距操作：向第二无线设备发送(504)数据帧，该数据帧包括对第二无线设备将其实际SIFS持续时间报告给第一无线设备的请求；确定(505)该数据帧的离开时间(TOD)；从第二无线设备接收(516)响应帧，该响应帧包括指示第二无线设备的实际SIFS持续时间的SIFS信息；确定(518)该响应帧的到达时间(TOA)；以及使用该数据帧的TOD、该响应帧的TOA和第二无线设备的实际SIFS持续时间来确定(522)该数据帧和该响应帧的往返时间(RTT)(501)。设备D2通过捕获时间戳来确定(508)接收到的帧的TOA，创建响应帧和确定(510)响应帧的TOD，确定(512)其实际SIFS持续时间，以及将SIFS信息嵌入(514)到响应帧中。响应帧优选地是确认帧(ACK)。无线设备D1和D2优选地包括SIFS数据库，该SIFS数据库存储针对无线设备的数个先前确定的SIFS持续时间、针对无线设备的一个或多个中间SIFS持续时间，和/或其它无线

设备是否支持根据示例实施例的测距操作。测距能力的交换向无线设备D1和D2中的每一个设备通知另一个设备是否支持捕获时间戳和/或能够确定其自身的SIFS持续时间。以此方式，可以在不估计第二无线设备的SIFS持续时间的情况下执行测距操作，从而消除由于第二无线设备的SIFS持续时间的不确定性导致的测距误差。



1. 一种用于在第一无线设备与第二无线设备之间执行测距操作的方法,所述方法由所述第一无线设备的一个或多个处理器执行并且包括:

向所述第二无线设备发送数据帧,所述数据帧包括对所述第二无线设备将其实际短的帧间间隔(SIFS)持续时间报告给所述第一无线设备的请求;

确定所述数据帧的离开时间(TOD);

从所述第二无线设备接收响应帧,所述响应帧包括指示所述第二无线设备的所述实际SIFS持续时间的SIFS信息;

确定所述响应帧的到达时间(TOA);以及

使用所述数据帧的所述TOD、所述响应帧的所述TOA和所述第二无线设备的所述实际SIFS持续时间来确定所述数据帧和所述响应帧的往返时间(RTT)。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述实际SIFS持续时间指示在以下之间的持续时间:(1)所述第二无线设备从所述第一无线设备接收到所述数据帧的最后符号的结束的时间,(2)所述第二无线设备向所述第一无线设备发送所述响应帧的第一符号的起始的时间。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述数据帧包括精细定时测量(FTM)帧。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述数据帧还包括对所述第二无线设备使用高吞吐量/甚高吞吐量(HT/VHT)协议来发送所述响应帧的请求。

5. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述响应帧包括确认(ACK)帧,所述ACK帧包括用于存储所述SIFS信息的字段。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述SIFS信息包括指示在所述实际SIFS持续时间与标准SIFS持续时间之间的时间差的差值。

7. 根据权利要求6所述的方法,其中,所述标准SIFS持续时间由IEEE802.11标准定义。

8. 根据权利要求6所述的方法,其中,所述响应帧包括确认(ACK)帧,所述ACK帧包括用于存储所述差值的第一字段并且包括用于存储所述第二无线设备的中间SIFS持续时间的第二字段。

9. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述响应帧包括信息元素(IE),所述IE至少包括用于存储所述SIFS信息的字段。

10. 根据权利要求1所述的方法,其中:

所述第一无线设备用于使用单个发送链来向所述第二无线设备发送所述数据帧;以及

所述数据帧还包括对所述第二无线设备使用单个发送链来向所述第一无线设备发送所述响应帧的请求。

11. 一种被配置为与第二无线设备执行测距操作的第一无线设备,所述第一无线设备包括:

一个或多个收发机,其用于与至少所述第二无线设备交换信号;

一个或多个处理器;以及

存储指令的存储器,所述指令在由所述一个或多个处理器执行时使得所述第一无线设备进行以下操作:

向所述第二无线设备发送数据帧,所述数据帧包括对所述第二无线设备将其实际短的帧间间隔(SIFS)持续时间报告给所述第一无线设备的请求;

确定所述数据帧的离开时间(TOD);

从所述第二无线设备接收响应帧,所述响应帧包括指示所述第二无线设备的所述实际SIFS持续时间的SIFS信息;

确定所述响应帧的到达时间 (TOA); 以及

使用所述数据帧的所述TOD、所述响应帧的所述TOA和所述第二无线设备的所述实际SIFS持续时间来确定所述数据帧和所述响应帧的往返时间 (RTT)。

12. 根据权利要求11所述的第一无线设备, 其中, 所述数据帧包括精细定时测量 (FTM) 帧。

13. 根据权利要求11所述的第一无线设备, 其中, 所述数据帧还包括对所述第二无线设备使用高吞吐量/甚高吞吐量 (HT/VHT) 协议来发送所述响应帧的请求。

14. 根据权利要求11所述的第一无线设备, 其中, 所述响应帧包括确认 (ACK) 帧, 所述ACK帧包括用于存储所述SIFS信息的字段。

15. 根据权利要求11所述的第一无线设备, 其中, 所述SIFS信息包括指示在所述实际SIFS持续时间与标准SIFS持续时间之间的时间差的差值。

16. 根据权利要求15所述的第一无线设备, 其中, 所述标准SIFS持续时间由IEEE 802.11标准定义。

17. 根据权利要求15所述的第一无线设备, 其中, 所述响应帧包括确认 (ACK) 帧, 所述ACK帧包括用于存储所述差值的第一字段以及包括用于存储所述第二无线设备的中间SIFS持续时间的第二字段。

18. 根据权利要求11所述的第一无线设备, 其中, 所述响应帧包括信息元素 (IE), 所述IE至少包括用于存储所述SIFS信息的字段。

19. 根据权利要求11所述的第一无线设备, 其中:

所述第一无线设备用于使用单个发送链来向所述第二无线设备发送所述数据帧; 以及

所述数据帧还包括对所述第二无线设备使用单个发送链来向所述第一无线设备发送所述响应帧的请求。

20. 一种被配置为与第二无线设备执行测距操作的第一无线设备, 所述第一无线设备包括:

用于向所述第二无线设备发送数据帧的单元, 所述数据帧包括对所述第二无线设备将其实际短的帧间间隔 (SIFS) 持续时间报告给所述第一无线设备的请求;

用于确定所述数据帧的离开时间 (TOD) 的单元;

用于从所述第二无线设备接收响应帧的单元, 所述响应帧包括指示所述第二无线设备的所述实际SIFS持续时间的SIFS信息;

用于确定所述响应帧的到达时间 (TOA) 的单元; 以及

用于使用所述数据帧的所述TOD、所述响应帧的所述TOA和所述第二无线设备的所述实际SIFS持续时间来确定所述数据帧和所述响应帧的往返时间 (RTT) 的单元。

21. 根据权利要求20所述的第一无线设备, 其中, 所述数据帧包括精细定时测量 (FTM) 帧。

22. 根据权利要求20所述的第一无线设备, 其中, 所述响应帧包括确认 (ACK) 帧, 所述ACK帧包括用于存储所述SIFS信息的字段。

23. 根据权利要求20所述的第一无线设备, 其中, 所述SIFS信息包括指示在所述实际

SIFS持续时间与标准SIFS持续时间之间的时间差的差值。

24. 根据权利要求23所述的第一无线设备,其中,所述响应帧包括确认(ACK)帧,所述ACK帧包括用于存储所述差值的第一字段以及包括用于存储所述第二无线设备的中间SIFS持续时间的第二字段。

25. 根据权利要求20所述的第一无线设备,其中,所述响应帧包括信息元素(IE),所述IE至少包括用于存储所述SIFS信息的字段。

26. 一种存储包含指令的一个或多个程序的非暂时性计算机可读存储介质,所述指令在由第一无线设备的一个或多个处理器执行时使得所述第一无线设备执行操作,所述操作包括:

向第二无线设备发送数据帧,所述数据帧包括对所述第二无线设备将其实际短的帧间间隔(SIFS)持续时间报告给所述第一无线设备的请求;

确定所述数据帧的离开时间(TOD);

从所述第二无线设备接收响应帧,所述响应帧包括指示所述第二无线设备的所述实际SIFS持续时间的SIFS信息;

确定所述响应帧的到达时间(TOA);以及

使用所述数据帧的所述TOD、所述响应帧的所述TOA和所述第二无线设备的所述实际SIFS持续时间来确定所述数据帧和所述响应帧的往返时间(RTT)。

27. 根据权利要求26所述的非暂时性计算机可读存储介质,其中,所述数据帧包括精细定时测量(FTM)帧。

28. 根据权利要求26所述的非暂时性计算机可读存储介质,其中,所述响应帧包括确认(ACK)帧,所述ACK帧包括用于存储所述SIFS信息的字段。

29. 根据权利要求26所述的非暂时性计算机可读存储介质,其中,所述SIFS信息包括指示在所述实际SIFS持续时间与标准SIFS持续时间之间的时间差的差值。

30. 根据权利要求29所述的非暂时性计算机可读存储介质,其中,所述响应帧包括确认(ACK)帧,所述ACK帧包括用于存储所述差值的第一字段以及包括用于存储所述第二无线设备的中间SIFS持续时间的第二字段。

用于高效定位的IEEE 802.11增强技术

技术领域

[0001] 概括地说,示例实施例涉及无线网络,具体地说,涉及在启用Wi-Fi的设备之间执行的测距操作。

背景技术

[0002] 无线局域网(WLAN)中的Wi-Fi接入点的最近增长使得导航系统使用这些接入点来进行位置确定是可能的,特别是在存在大量集中的活动Wi-Fi接入点的区域中(例如,城市核心、购物中心、办公楼等)。例如,诸如蜂窝电话或平板计算机之类的客户端设备或站(STA)可以使用发送到接入点(AP)和从接入点(AP)发送的信号的往返时间(RTT)来确定STA与AP之间的距离。一旦确定了STA和三个或更多个AP之间的距离,则可以使用三边测量技术来估计STA的位置。

[0003] 更一般地,可以在测距操作期间使用在设备之间交换的信号的RTT来确定一对设备之间的距离。由于测距操作变得越来越重要(例如,对于室内定位),因此期望使用无线介质的最小容量来提高测距操作的准确性。

发明内容

[0004] 提供该概述以便以简化形式介绍将在以下详细描述中进一步描述的概念中的选择项。该概述不旨在标识所要求保护的主题的关键特征或必要特征,也不旨在限制所要求保护的主题的范围。

[0005] 公开了可以允许第一无线设备使用仅2帧的交换而无需估计第二无线设备的SIFS持续时间,来确定其自身与第二无线设备之间的RTT值的方法和装置。更具体地,根据示例实施例,第一无线设备可以通过向第二无线设备发送数据帧来发起与第二无线设备的测距操作。数据帧使得第二无线设备在响应帧中将其实际SIFS持续时间报告给第一无线设备。第一无线设备可以接收响应帧,该响应帧包括指示第二无线设备的实际SIFS持续时间的信息。随后,第一无线设备可以使用数据帧的TOD、响应帧的TOA和第二无线设备的实际SIFS持续时间来确定数据帧和响应帧的RTT值。以此方式,可以在不估计第二无线设备的SIFS持续时间的情况下执行本文所公开的示例测距操作,从而消除由第二无线设备的SIFS持续时间的不确定性导致的测距误差。

[0006] 此外,由于本文所公开的示例测距操作仅使用2个交换的帧来确定RTT值,因此可以减少无线介质上的流量。此外,由于第二无线设备在测距操作期间向第一无线设备发送仅一个帧,因此可以降低第二无线设备的功耗(例如,与需要更多数量的交换的帧的测距操作相比)。在测距操作期间降低第二无线设备的功耗可能是重要的,例如,当第二无线设备是具有有限电源(例如,电池)的移动设备时。

[0007] 对于至少一些示例实施例,可以通过以下操作来在第一无线设备与第二无线设备之间执行测距操作:向所述第二无线设备发送数据帧,所述数据帧包括对所述第二无线设备将其实际短的帧间间隔(SIFS)持续时间报告给所述第一无线设备的请求;确定所述数据

帧的离开时间 (TOD) ; 从所述第二无线设备接收响应帧, 所述响应帧包括指示所述第二无线设备的实际SIFS持续时间的SIFS信息; 确定所述响应帧的到达时间 (TOA) ; 以及使用所述数据帧的TOD、所述响应帧的TOA和所述第二无线设备的实际SIFS持续时间来确定所述数据帧和所述响应帧的往返时间 (RTT) 。所述数据帧可以是精细定时测量 (FTM) 帧。所述响应帧可以是包括用于存储SIFS信息的字段或信息元素 (IE) 的确认 (ACK) 帧或块确认 (BA) 帧。

[0008] 对于一些实现方式, 所述SIFS信息可以包括指示所述实际SIFS持续时间与标准SIFS持续时间 (例如, 如IEEE802.11标准族所定义的) 之间的时间差的差值。对于其它实现方式, 所述SIFS信息可以包括所述差值和所述第二无线设备的中间 (median) SIFS持续时间。

[0009] 此外, 对于至少一些实施例, 所述第一无线设备使用单个发送链来向所述第二无线设备发送所述数据帧, 并且所述数据帧可以包括对所述第二无线设备使用单个发送链来向所述第一无线设备发送所述响应帧的请求。以此方式, 可以避免由循环移位分集 (CSD) 导致的错误。

[0010] 对于至少一个实施例, 所述数据帧可以包括对所述第二无线设备使用高吞吐量/甚高吞吐量 (HT/VHT) 协议来发送所述响应帧的请求。

附图说明

[0011] 示例性实施例通过举例的方式示出并且不旨在受附图的图限制。贯穿附图和说明书中, 相同的标记指代相同的元件。

[0012] 图1A是描绘示例测距操作的序列图。

[0013] 图1B是描绘另一示例测距操作的序列图。

[0014] 图2是其中可以实现示例实施例的无线系统的框图。

[0015] 图3是根据一些实施例的无线设备的框图。

[0016] 图4是描绘根据一些实施例的测距操作的序列图。

[0017] 图5根据示例性实施例, 示出了描绘图4的测距操作的说明性流程图。

[0018] 图6A描绘了根据一些实施例的示例确认帧。

[0019] 图6B描绘了根据一些实施例的示例块确认帧。

[0020] 图7A描绘了根据其它实施例的示例确认帧。

[0021] 图7B描绘了根据其它实施例的示例块确认帧。

[0022] 图8根据一些实施例, 描绘了用于在响应帧中报告短的帧间间隔 (SIFS) 信息的示例信息元素。

[0023] 图9是被配置为执行如本文所教导的测距操作的装置的若干示例方面的另一框图。

具体实施方式

[0024] 下面仅为了简单起见在WLAN系统的上下文中描述示例实施例。应当理解, 示例实施例同样适用于其它无线网络 (例如, 蜂窝网络、微微网络、毫微微网络、卫星网络), 以及适用于使用一个或多个有线标准或协议 (例如, 以太网和/或HomePlug/PLC标准) 的信号并且用于在各种设备之间 (例如, 在STA与无线AP之间、在AP之间等) 执行测距操作的系统。如本

文所使用的,术语“WLAN”和“Wi-Fi®”可以包括受IEEE 802.11标准族、蓝牙、HiperLAN(可与IEEE 802.11标准相比,主要在欧洲使用的一组无线标准)以及具有相对短的无线电传播范围的其它技术管理的通信。因此,术语“WLAN”和“Wi-Fi”在本文中可以互换使用。此外,尽管下面从包括一个或多个AP和数个STA的基础设施WLAN系统方面来进行描述,但是示例性实施例同样适用于其它WLAN系统,包括例如多个WLAN、独立基本服务集(IBSS)网络、自组织网络、对等(P2P)网络(例如,根据Wi-Fi直连协议来操作)和/或热点。

[0025] 此外,虽然本文从在无线设备之间交换帧的方面来进行描述,但是示例性实施例可以适用于在无线设备之间的任何数据单元、分组和/或帧的交换。因此,术语“帧”可以包括任何帧、分组或数据单元,诸如,例如协议数据单元(PDU)、MAC协议数据单元(MPDU)和物理层会聚过程协议数据单元(PPDU)。术语“A-MPDU”可以指代聚合的MPDU。

[0026] 在以下描述中,阐述了许多具体细节,例如特定的组件、电路和过程的示例,以提供对本公开内容的透彻理解。此外,在以下描述中并且出于解释的目的,阐述了特定的术语以提供对示例性实施例的透彻理解。然而,对于本领域技术人员来说将显而易见的是,这些具体细节可能不是实施示例性实施例所必需的。在其它实例中,以框图形式示出了公知的电路和设备以避免模糊本公开内容。如本文所使用的术语“耦合”意味着直接连接或通过一个或多个中间组件或电路连接。在本文所描述的各种总线上提供的任何信号可以与其它信号进行时间复用并提供在一个或多个公共总线上。另外,电路元件或软件块之间的互连可以被示为总线或单个信号线。每个总线可以替代地是单个信号线,并且每个单个信号线可替代地是总线,并且单个线或总线可以表示用于组件之间的通信的无数物理或逻辑机制中的任何一个或多个。示例性实施例不应被解释为受限于本文所描述的特定示例,而是将由所附权利要求限定的所有实施例包括在其范围内。

[0027] 接下来的本公开内容的一些部分从对计算机存储器内的数据位的操作的过程、逻辑框、处理和其它符号表示的方面来呈现。这些描述和表示是数据处理领域所属技术人员用来将他们的工作的实质最有效地传达给本领域其他技术人员的手段。在本公开内容中,过程、逻辑框、处理等被认为是导致期望结果的步骤或指令的自相一致的序列。这些步骤是需要物理量的物理操纵的那些步骤。通常,虽然不是必须的,但是这些量采取能够在计算机系统中存储、传送、组合、比较和以其它方式操纵的电或磁信号的形式。

[0028] 然而,应当记住,所有这些和类似的术语将与适当的物理量相关联,并且仅仅是应用于这些量的方便的标记。除非特别声明,否则从以下讨论中显而易见,应当理解,贯穿本公开内容,利用诸如“访问”、“接收”、“发送”、“使用”、“选择”、“确定”、“归一化”、“乘以”、“平均”、“监视”、“比较”、“应用”、“更新”、“测量”、“导出”等术语的讨论是指计算机系统或类似的电子计算设备的动作和过程,计算机系统或类似的电子计算设备将计算机系统的寄存器和存储器内表示为物理(电子)量的数据操纵并变换成类似地表示为计算机系统存储器或寄存器或其它这样的信息存储、传输或显示设备内的物理量的其它数据。

[0029] 可以在驻留在某种形式的处理器可读介质(诸如程序模块)上的、由一个或多个计算机或其它设备执行的处理器可执行指令的一般上下文中讨论本文所描述的实施例。通常,程序模块包括执行特定任务或实现特定抽象数据类型的例程、程序、对象、组件、数据结构等。在各个实施例中,程序模块的功能可以根据需要组合或分布。

[0030] 除非特别描述为以特定方式实现,否则本文所描述的技术可以用硬件、软件、固件

或其任何组合来实现。被描述为模块或组件的任何特征也可以是一起实现在集成逻辑器件中或者单独地实现为离散但可互操作的逻辑器件。如果用软件来实现,则所述技术可以至少部分地由包括指令的非暂时性处理器可读存储介质实现,所述指令在被执行时执行上述方法中的一个或多个。非暂时性处理器可读数据存储介质可以形成计算机程序产品的一部分,计算机程序产品可以包括封装材料。

[0031] 非暂时性处理器可读存储介质可以包括诸如同步动态随机存取存储器 (SDRAM) 之类的随机存取存储器 (RAM)、只读存储器 (ROM)、非易失性随机存取存储器 (NVRAM)、电可擦除可编程只读存储器 (EEPROM)、闪存、其它已知的存储介质等。这些技术另外或替代地可以至少部分地由以指令或数据结构的形式携带或传送代码并可由计算机或其它处理器存取、读取和/或执行的处理器可读通信介质实现。

[0032] 结合本文所公开的实施例来描述的各种说明性逻辑框、模块、电路和指令可以由一个或多个处理器执行,例如一个或多个数字信号处理器 (DSP)、通用微处理器、专用集成电路 (ASIC)、专用指令集处理器 (ASIP)、现场可编程门阵列 (FPGA) 或其它等效的集成或离散逻辑电路。如本文所使用的术语“处理器”可以指代任何前述结构或适于实现本文所描述的技术的任何其它结构。此外,在一些方面中,可以在如本文所描述而配置的专用软件模块或硬件模块内提供本文所描述的功能。此外,可以在一个或多个电路或逻辑元件中完全实现这些技术。通用处理器可以是微处理器,但是在替代方案中,处理器可以是任何常规的处理器、控制器、微控制器或状态机。处理器还可以被实现为计算设备(例如,DSP和微处理器的组合)、多个微处理器、结合DSP内核的一个或多个微处理器或任何适当的配置的组合。

[0033] 如上所述,可以使用在无线设备之间交换的信号或帧的RTT(例如,在测距操作期间)来确定一对无线设备之间的距离。例如,参考图1A的示例测距操作100,第一无线设备(D1)与第二无线设备(D2)之间的距离(d)可以被估计为 $d=c*RTT/2$,其中c是光速,RTT是在第一设备D1与第二设备D2之间交换的请求(REQ)帧和确认(ACK)帧的实际信号传播时间的总和。更具体地,设备D2可以使用从设备D2发送的REQ帧的离开时间(TOD)、由设备D2接收的ACK帧的到达时间(TOA)和设备1的SIFS持续时间来估计RTT的值。

[0034] 代表短的帧间间隔持续时间的SIFS持续时间对应于在设备D1接收到REQ帧与设备D1发送ACK帧之间的持续时间。允许无线设备有时间将其收发机从接收模式(例如,用以接收REQ帧)切换到发送模式(例如,用以发送ACK帧)的SIFS持续时间可以被定义为无线设备用于处理所接收的帧(例如,REQ帧)并且发起响应帧(例如,ACK帧)的传输所需的时间。

[0035] 由于无线设备的不同的构成和模型(并且有时甚至相同的构成和模型)可能具有不同的处理延迟,因此SIFS的精确值可能在设备之间(甚至在相同设备的连续帧接收/发送之间)变化。结果,通常估计SIFS的值,这常常导致在估计两个设备之间的距离时有误差。更具体地,IEEE 802.11标准当前将SIFS持续时间定义为对于在2.4GHz频带中发送的信号为10微秒(us)+/-900纳秒(ns),对于在5GHz频带中发送的信号为16us+/-900ns,以及对于在60GHz频带中发送的信号为3us+/-900ns。这些“标准”SIFS持续时间的容差可能降低RTT估计的准确性。例如,即使设备D1的SIFS持续时间可以被估计在+/-25ns内,也可能导致+/-7.5米的测距误差(这对于许多定位系统来说可能是不可接受的)。

[0036] 为了减少由SIFS持续时间的不确定性导致的测距误差,IEEE 802.11标准的最近修订要求每个测距设备捕获传入帧和传出帧的时间戳,以使得可以在不使用SIFS持续时间

的情况下确定RTT的值。例如,图1B示出了描绘使用根据IEEE802.11REVmc标准的精细定时测量 (FTM) 帧执行的设备D1和设备D2之间的测距操作的示例测距操作110。对于图1B的示例,设备D2请求测距操作,并且因此可以被指定为发起方设备;设备D1响应所请求的测距操作,并且因此可以被指定为响应方设备。如图1B中所描绘的,设备D2向设备D1发送精细定时测量请求 (FTM_REQ) 帧,设备D1用ACK帧进行响应。FTM_REQ帧和ACK帧的交换是握手过程111,其不仅用信号通知要执行测距操作的意图,而且允许设备D1和D2中的每一个确定设备D1和D2中的另一个是否支持捕获时间戳。

[0037] 假设设备D1和设备D2都支持捕获时间戳,设备D1通过向设备D2发送第一FTM帧 (FTM_1) 来发起测距操作112,并且在时间 t_1 捕获FTM_1的TOD。设备D2接收FTM_1并在时间 t_2 捕获FTM_1的TOA。设备D2用ACK帧进行响应,并且在时间 t_3 捕获ACK帧的TOD。设备D1接收ACK帧,并在时间 t_4 捕获ACK帧的TOA。在时间 t_5 ,设备D1向设备D2发送包括在时间 t_1 和 t_4 捕获的时间戳的第二FTM帧 (FTM_2)。设备D2在时间 t_6 接收FTM_2帧,并且可以捕获其时间戳。设备D2在时间 t_7 向设备D1发送ACK帧。设备D1在时间 t_8 接收ACK帧。

[0038] 在时间 t_6 接收到FTM_2时,设备D2具有针对时间 t_1 、 t_2 、 t_3 和 t_4 的时间戳值,它们对应于来自设备D1的FTM_1的TOD、设备D2处的FTM_1的TOA、来自设备D2的ACK帧的TOD、以及设备D1处的ACK帧的TOA。此后,设备D2可以将RTT确定为 $(t_4 - t_3) + (t_2 - t_1)$ 。由于确定RTT值不涉及估计设备D1或设备D2的SIFS持续时间,因此所确定的RTT值不涉及由SIFS持续时间的不确定性导致的误差。

[0039] 虽然比图1A的示例测距操作100更准确,但是图1B的示例测距操作110涉及6个帧的交换(例如,与在图1A中描绘的示例测距操作100中仅2个帧的交换相比)以获得单个RTT测量,这不合期望地影响吞吐量并增加延迟。此外,虽然设备D2请求测距操作110,但是设备D1发送FTM帧,捕获时间戳,并将所捕获的时间戳发送到设备D2,所有这些消耗功率和资源。对于其中设备D1是由电池供电的移动站的环境,该功耗可能减少设备D1的电池寿命(即使设备D1没有请求测距操作)。

[0040] 因此,根据示例实施例,公开了用于执行测距操作的方法和装置,其可以使用仅2帧的交换来确定发起方设备和响应方设备之间的RTT值,而不用估计响应方设备的SIFS持续时间。更具体地,本文所公开的测距操作可以通过在发送到响应方设备的数据帧中请求响应方设备在响应帧中将其实际的SIFS持续时间报告给发起方设备,来提高无线设备之间的RTT测量的准确性(例如,与图1A的示例性测距操作100相比)。以此方式,发起方设备不必估计响应方设备的SIFS持续时间。例如,在一些实现中,发起方设备可以通过向响应方设备发送数据帧来发起与响应方设备的测距操作。数据帧使得响应方设备在响应帧中将其实际的SIFS持续时间报告给发起方设备。发起方设备可以接收响应帧,该响应帧包括指示响应方设备的实际SIFS持续时间的信息。随后,发起方设备可以使用来自发起方设备的数据帧的TOD、发起方设备处的响应帧的TOA和响应方设备的实际SIFS持续时间来确定数据帧和响应帧的RTT值。以此方式,可以使用仅2个交换的帧来执行示例实施例的测距操作,以确定RTT值,而无需发起方设备估计响应方设备的SIFS持续时间,从而消除由于响应方设备的SIFS持续时间的不确定性导致的测距误差。此外,由于响应方设备在示例实施例的测距操作期间仅向发起方设备发送一个帧,因此可以降低响应方设备的功耗(例如,与图1B的示例测距操作110相比)。在测距操作期间降低响应方设备的功耗可能是重要的,例如,当响应方

设备是具有有限电源(例如,电池)的移动设备时。这些是由示例实施例提供的对前述技术问题的至少一些技术方案。

[0041] 图2是其中可以实现示例实施例的无线系统200的框图。无线系统200被示出为包括四个无线终端STA1-STA4、无线接入点(AP) 210和无线局域网(WLAN) 220。WLAN 220可以由多个Wi-Fi接入点(AP)来形成,该多个Wi-Fi AP可以根据IEEE 802.11标准族(或根据其它适当的无线协议)来操作。因此,虽然为了简单起见在图2中示出了仅一个AP 210,但是应当理解,WLAN 220可以由任意数量的接入点(例如AP 210)来形成。AP 210被分配由例如接入点的制造商编程在其中的唯一的介质访问控制(MAC)地址。类似地,STA1-STA4中每一个也被分配唯一的MAC地址。对于一些实施例,无线系统200可以对应于多输入多输出(MIMO)无线网络。此外,虽然在图2中将WLAN 220描绘为基础设施基本服务集(BSS)网络,但是对于其它示例实施例,WLAN 220可以是独立的基本服务集(IBSS)网络、自组织网络、或对等(P2P)网络(例如,根据Wi-Fi直连协议来操作)。类似地,虽然图2中示出了四个站STA1-STA4,但是WLAN 220和/或AP 210可以与其它数量的站相关联。

[0042] 站STA1-STA4中的每一个可以是任何适当的启用Wi-Fi的无线设备,包括例如蜂窝电话、个人数字助理(PDA)、平板设备、膝上型计算机等。站STA1-STA4中的每一个也可以被称为用户设备(UE)、用户站、移动单元、用户单元、无线单元、远程单元、移动设备、无线设备、无线通信设备、远程设备、移动用户站、接入终端、移动终端、无线终端、远程终端、手持机、用户代理、移动客户端、客户端、或某种其它适当的术语。对于至少一些实施例,站STA1-STA4中的每一个可以包括一个或多个收发机、一个或多个处理资源(例如,处理器和/或ASIC)、一个或多个存储器资源和电源(例如,电池)。存储器资源可以包括非暂时性计算机可读介质(例如,一个或多个非易失性存储器元件,诸如EPROM、EEPROM、闪存、硬盘驱动器等),其存储用于执行下面关于图5描述的操作的指令。

[0043] AP 210可以是任何适当的装置,其允许一个或多个无线设备经由AP 210使用Wi-Fi、蓝牙或任何其它适当的无线通信标准连接到网络(例如,局域网(LAN)、广域网(WAN)、城域网(MAN)和/或互联网)。对于至少一个实施例,AP 210可以包括一个或多个收发机、一个或多个处理资源(例如,处理器和/或ASIC)、一个或多个存储器资源和电源。存储器资源可以包括非暂时性计算机可读介质(例如,一个或多个非易失性存储器元件,诸如EPROM、EEPROM、闪存、硬盘驱动器等),其存储用于执行下面关于图5描述的操作的指令。

[0044] 对于站STA1-STA4和/或AP 210,一个或多个收发机可以包括Wi-Fi收发机、蓝牙收发机、蜂窝收发机和/或其它适当的射频(RF)收发机(为简单起见未示出)以发送和接收无线通信信号。每个收发机可以与处于不同的工作频带和/或使用不同通信协议的其它无线设备通信。例如,Wi-Fi收发机可以根据IEEE 802.11规范在2.4GHz的频带内、在5GHz的频带内进行通信,和/或在60GHz的频带内通信。蜂窝收发机可以根据由第三代合作伙伴计划(3GPP)描述的4G长期演进(LTE)协议(例如,在大约700MHz与大约3.9GHz之间)和/或根据其其它蜂窝协议(例如,全球移动系统(GSM)通信协议)在各种RF频带内通信。在其它实施例中,包括在站STA1-STA4中的每一个站中的收发机可以是诸如由来自ZigBee规范的规范描述的ZigBee收发机、WiGig收发机、和/或来自HomePlug联盟的规范描述的HomePlug收发机之类的任何技术上可行的收发机。

[0045] 此外,本文所描述的示例性实施例,站STA1-STA4(和AP 210)中的每一个可以包括

射频 (RF) 测距电路 (例如, 使用公知的软件模块、硬件组件和/或其适当组合来形成), 其可以用于使用本文所描述的测距技术来估计自身与一个或多个其它启用Wi-Fi的设备之间的距离。此外, 站STA1-STA4和/或AP 210中的每一个可以包括本地存储器 (为简单起见在图2中未示出) 以存储Wi-Fi接入点和站数据的缓存。

[0046] 对于至少一些实施例, 可以执行本文所描述的测距操作而不使用AP 210, 例如, 通过使若干站工作在自组织或对等模式中, 从而允许站对彼此进行测距, 即使在AP 210和/或可见的WLAN (或其它无线网络) 的接收范围之外。此外, 对于至少一些实施例中, 可以在位于彼此的无线范围之中的两个AP之间执行本文所描述的测距操作。

[0047] 图3示出了可以是图2的站STA1-STA4和/或AP 210的一个实施例的无线设备300。无线设备300可以包括多个收发机320、处理器330、存储器340和多个天线350 (1) -350 (n)。收发机320可以直接或通过天线选择电路 (为了简单起见未示出) 耦合到天线350 (1) -350 (n)。收发机320可以用于向其它无线设备 (例如, AP和/或STA) 发送信号和从其它无线设备 (例如, AP和/或STA) 接收信号, 并且可以用于扫描周围环境以检测和识别附近的接入点和/或STA (例如, 在无线设备300的无线范围内)。如图3中所描绘的, 收发机320可以包括任何数量的收发机链321 (1) -321 (m), 其中每个收发机链包括用于处理信号并经由天线350 (1) -350 (n) 发送信号到其它无线设备的发送链并且包括用于处理从天线350 (1) -350 (n) 接收的信号接收链。因此, 对于示例实施例, 无线设备300可以被配置用于MIMO操作。MIMO操作可以包括单用户MIMO (SU-MIMO) 操作和多用户MIMO (MU-MIMO) 操作。

[0048] 虽然为了简单起见在图3中未示出, 但无线设备300可以包括一个或多个基带处理器以便处理从处理器330和/或存储器340接收的信号并将经处理的信号转发到收发机320以便经由天线350 (1) -350 (n) 中的一个或多个进行传输, 并且可以用于处理经由收发机320从天线350 (1) -350 (n) 中的一个或多个接收的信号并将经处理的信号转发到处理器330和/或存储器340。

[0049] 虽然处理器330在图3的示例中被描绘为耦合在收发机320与存储器340之间, 但是对于其它实施例, 可以使用一个或多个总线 (为了简单起见未示出) 将收发机320、处理器330和/或存储器340连接在一起。

[0050] 存储器340可以包括Wi-Fi数据库341, Wi-Fi数据库341可以存储针对多个无线设备的位置数据、配置信息、数据速率、MAC地址和其它适当的信息。Wi-Fi数据库341还可以存储针对多个无线设备的简档信息。针对给定无线设备的简档信息可以包括具有例如无线设备的SSID、信道信息、RSSI值、吞吐量 (goodput) 值、信道状态信息 (CSI) 和与无线设备300的连接历史的信息。

[0051] 存储器340还可以包括SIFS数据库342, SIFS数据库342可以存储例如针对无线设备300的多个先前确定的SIFS持续时间、针对无线设备300的一个或多个中间SIFS持续时间和/或其它无线设备是否支持根据示例实施例的测距操作。

[0052] 存储器340还可以包括非暂时性计算机可读介质 (例如, 一个或多个非易失性存储元件, 诸如EPROM、EEPROM、闪存、硬盘驱动器等), 其可以存储以下软件 (SW) 模块:

[0053] • 测距SW模块343, 其用于确定无线设备300与另一设备之间的RTT值和/或距离 (例如, 如针对图5的一个或多个操作所描述的);

[0054] • 定位SW模块344, 其用于基于由测距SW模块343确定的距离和/或基于其它启用

Wi-Fi的设备的位置来确定无线设备300的位置(例如,如针对图5的一个或多个操作所描述的);

[0055] • 时间戳SW模块345,其用于捕获时间戳(例如,帧TOD和/或帧TOA信息)以及用于确定与无线设备300的帧交换相关联的实际SIFS持续时间(例如,如针对图5的一个或多个操作所描述的);以及

[0056] • 帧形成和交换SW模块346,其用于创建、发送和/或接收去往和来自其它无线设备的示例实施例的数据帧和响应帧(以及其它适当的数据帧、动作帧和控制帧),将SIFS请求嵌入到向其它无线设备发送的帧中,和/或将指示无线设备300的实际SIFS持续时间的信息嵌入到响应帧中(例如,如针对图5的一个或多个操作所描述的)。

[0057] 每个软件模块包括指令,所述指令在由处理器330执行时使得无线设备300执行相应的功能。存储器340的非暂时性计算机可读介质因此包括用于执行图5的全部操作或部分操作的指令。

[0058] 处理器330(其在图3的示例中示出为耦合到收发机320和存储器340)可以是能够执行在无线设备300中(例如,在存储器340内)存储的一个或多个软件程序的脚本或指令的任何适当的一个或多个处理器。例如,处理器330可以执行测距SW模块343、定位SW模块344、时间戳SW模块345以及帧形成和交换SW模块346。测距SW模块343可以由处理器330执行,以使用RF测距操作来确定无线设备300与另一启用Wi-Fi的设备之间的距离。定位SW模块344可以由处理器330执行,以使用附近的启用Wi-Fi的设备作为参考点来确定无线设备300的位置。时间戳SW模块345可以由处理器330执行,以捕获时间戳(例如,帧TOD和/或帧TOA信息)以及确定与无线设备300的帧交换相关联的实际SIFS持续时间。帧形成和交换SW模块346可以由处理器330执行,以创建、发送和/或接收去往和来自其它无线设备的示例实施例的数据帧和响应帧(以及其它适当的数据帧、动作帧和控制帧),将SIFS请求嵌入到向其它无线设备发送的帧中,和/或将指示无线设备300的实际SIFS持续时间的信息嵌入到响应帧中。

[0059] 图4是描绘了根据示例实施例的、在两个无线设备D1与D2之间执行的示例测距操作400的序列图。设备D1和D2可以是任何适当的启用Wi-Fi的设备,包括例如移动设备(例如,智能电话或平板电脑)或固定设备(例如,无线接入点或其它测距设备)。出于本文论述的目的,设备D1是发起方设备,并且设备D2是响应方设备。对于至少一些实施例,设备D1和D2可以均是图2的AP 210或站STA1-STA4中一者。

[0060] 还参考图5的说明性流程图500,对于一些实施例,无线设备D1和D2可以在关联过程期间交换测距能力(501)。测距能力的交换可以向设备D1和D2中的每一个告知设备D1和D2中的另一个是否支持捕获时间戳和/或能够确定其自身SIFS持续时间。对于至少一个实施例,测距能力的交换还可以使得设备D2(响应方设备)通过将其SIFS信息嵌入在发送到设备D1的响应帧中来响应由设备D1(发起方设备)发送的一个或多个所选类型的帧。由设备D1发送的所选类型的帧可以包括例如发起与设备D2的测距操作的帧或信号。

[0061] 图4中描绘的测距操作400开始于:设备D1创建数据帧410,数据帧410包括对设备D2将其实际SIFS持续时间报告给设备D1的请求(502)。对设备D2将其实际SIFS持续时间报告给设备D1的请求可以在下文被称为“SIFS请求”。数据帧410可以是发起与设备D2的测距操作的任何适当的数据帧(或者其至少使得设备D2利用包括其实际SIFS持续时间的帧进行

响应)。对于一些实施例,数据帧410可以是FTM帧。对于其它实施例,数据帧410可以是包括SIFS请求并发起示例测距操作400的任何适当的动作帧、控制帧或管理帧。

[0062] SIFS请求可以是任何适当的位模式,该位模式在由设备D2接收和解码时,使得设备D2将其实际SIFS持续时间(或至少是指示其实际SIFS持续时间的信息)报告给设备D1。SIFS请求可以嵌入到数据帧410的任何适当的字段内,或者可以附加到数据帧410。例如,SIFS请求可以被嵌入到数据帧410的多个保留位内,可以被嵌入到在数据帧410内提供的或附加到数据帧410的信息元素(IE)中,或者可以被嵌入到在数据帧410内提供的或附加到数据帧410的特定于供应商的信息元素(VSIE)中。

[0063] 如上所述,对于至少一些实施例,设备D2可以同意在关联过程期间在发送到设备D1的响应帧中将其SIFS信息报告给设备D1。对于这些实施例,设备D1可以不将显式的SIFS请求包括在发送到设备D2的数据帧410中,例如,这是因为设备D2可以在响应和/或确认接收到从设备D1发送的一个或多个所选类型的帧时自动地报告其SIFS信息。

[0064] 一旦数据帧410被创建,设备D1在时间 t_1 向设备D2发送数据帧410(504)。设备D1例如通过捕获时间 t_1 处的时间戳来确定数据帧410的TOD(例如, $TOD_{DFR} = t_1$)(505)。对于一些实现方式,设备D1可以执行图3的时间戳SW模块345来捕获 TOD_{DFR} ,并且可以将 TOD_{DFR} 的值存储在存储器340中。

[0065] 在时间 t_2 处,设备D2接收从设备D1发送的数据帧410,并且解码SIFS请求(506)。设备D2可以例如通过捕获时间 t_2 处的时间戳来确定所接收的数据帧410的TOA(例如, $TOA_{DFR} = t_2$)(508)。对于一些实现方式,设备D2可以执行图3的时间戳SW模块345以捕获 TOA_{DFR} ,并且可以将 TOA_{DFR} 的值存储在存储器340中。

[0066] 设备D2创建响应帧420以发送回给设备D1,并且例如通过捕获时间 t_3 处的时间戳来确定响应帧420的TOD(例如, $TOD_{RES} = t_3$)(510)。对于一些实现方式,设备D2可以执行图3的时间戳SW模块345以捕获 TOD_{RES} ,并且可以将 TOD_{RES} 的值存储在存储器340中。响应帧420(其可以确认接收到从设备D1发送的数据帧410)可以包括指示设备D2的实际SIFS持续时间的信息,如下文更详细解释的。

[0067] 响应于经解码的SIFS请求,设备D2可以确定其实际SIFS持续时间(512)。替代地,如果数据帧410不包括SIFS请求并且设备D2同意(例如,在关联期间)响应于从设备D1接收到一个或多个所选类型的帧而报告其SIFS信息,则设备D2可以自动地确定其实际SIFS持续时间。设备D2可以以任何适当的方式确定其实际SIFS持续时间。例如,设备D2的实际SIFS持续时间可以被表达为 $SIFS_{actual} = t_3 - t_2 = TOD_{RES} - TOA_{DFR}$ 。因此,对于一些实施例,设备D2可以将其实际SIFS持续时间确定为在(1)从设备D1接收到数据帧410的最后符号的结束的时间与(2)将要向设备D1发送响应帧420的第一符号的起始的时间之间的持续时间。对于其它实施例,设备D2可能基于与设备D1的一个或多个先前帧交换(或替代地基于与另一无线设备的一个或多个先前帧交换)已确定了其实际SIFS持续时间。此外,对于至少一个实施例,设备D2可以基于数个先前确定的SIFS持续时间(例如,针对与设备D1和/或另一无线设备的对应数量的先前帧交换)的平均值或中间值来确定其实际SIFS持续时间。

[0068] 接着,设备D2将指示其实际SIFS持续时间的SIFS信息嵌入到响应帧420中,并且在时间 t_3 处向设备D1发送响应帧420(514)。响应帧420可以是响应或确认接收到从设备D1发送的数据帧410的任何适当的帧。例如,响应帧420可以是确认(ACK)帧或块确认(BA)帧。对

于至少一些实施例,响应帧420可以是根据示例实施例来修改的ACK或BA帧,例如,如下文关于图6A-图6B和图7A-图7B更详细描述。对于其它实施例,响应帧420可以是包括SIFS信息的任何适当的动作帧、控制帧或管理帧。

[0069] SIFS信息可以包括设备D1从其可以获得、导出、或确定设备D2的实际SIFS持续时间的任何信息。例如,SIFS信息可以是设备D2的实际SIFS持续时间,可以是指示在实际SIFS持续时间与预定SIFS持续时间(例如,由IEEE 802.11标准族定义的“标准”SIFS持续时间)之间的时间差的差值,和/或可以是设备D2的数个先前确定的SIFS持续时间的平均值或中间值。SIFS信息可以被表达为二进制数,其对应于预定的时间单位(例如,以微秒为单位)。

[0070] SIFS信息可以嵌入在响应帧420的任何适当的字段内,或可以附加到响应帧420。例如,SIFS信息可以嵌入到响应帧420的多个保留位内,可以嵌入到在响应帧420内提供或附加到响应帧420的IE中,或者可以嵌入到在响应帧420内提供或附加到响应帧420的VSIE中。对于至少一些实施例,SIFS信息可以嵌入在与响应帧420相关联的新字段内,例如,如下文关于图6A-图6B和图7A-图7B更详细描述。

[0071] 在时间 t_4 处,设备D1接收从设备D2发送的响应帧420,并且解码嵌入在其中的SIFS信息(516)。设备D1可以例如通过捕获时间 t_4 处的时间戳来确定响应帧420的TOA(例如, $TOA_{RES} = t_4$)(518)。对于一些实现方式,设备D1可以执行图3的时间戳SW模块345以捕获 TOA_{RES} ,并且可以将 TOA_{RES} 的值存储在存储器340中。

[0072] 响应于经解码的SIFS信息,设备D1可以确定设备D2的实际SIFS持续时间(520)。可以以任何适当的方式从在响应帧420中提供的SIFS信息获得、导出或确定实际SIFS持续时间,例如,如下文关于图6A-图6B和图7A-图7B更详细描述。

[0073] 其后,设备D1可以基于数据帧410的TOD、响应帧420的TOA和设备D2的实际SIFS持续时间来确定交换的数据帧410和响应帧420的RTT值(522)。使用设备D2的实际SIFS持续时间来确定设备D1与D2之间的RTT值可以增加测距操作400的准确性,例如,与使用估计的SIFS持续时间来确定RTT值相比(例如,如图1A的示例测距操作100中所描绘的)。此外,由于设备D2将指示其实际SIFS持续时间的信息嵌入在响应帧420中,因此测距操作400可以使用仅2帧的交换来提供准确的RTT值,例如,与图1B的示例测距操作110中的8帧的交换相比。以此方式,示例实施例可以允许设备D1可以比图1A的示例测距操作100确定更准确的RTT测量结果,同时比图1B的示例测距操作使用更少的帧交换。

[0074] 对于一些实施例,设备D1和/或设备D2可以在其相应的介质访问控制层(MAC)处捕获时间戳。对于其它实施例,设备D1和/或设备D2可以使用固件来捕获时间戳。此外,对于至少一些实施例,设备D1可以将针对 TOD_{DFR} 的时间戳(在时间 t_1 处)捕获为在从设备D1发送数据帧410的最后符号的结束时的时间;设备D2可以将针对 TOA_{DFR} 的时间戳(在时间 t_2)捕获为在接收到数据帧410的最后符号的结束时的时间;设备D2可以将针对 TOD_{RES} 的时间戳(在时间 t_3 处)捕获为在从设备D2发送响应帧420的第一符号的起始时的时间;以及设备D1可以将针对 TOA_{RES} 的时间戳(在时间 t_4 处)捕获为在接收到响应帧420的第一符号的起始时的时间。随后,设备D2可以将其实际SIFS持续时间确定为 $SIFS_{实际} = t_3 - t_2$,并且设备D1可以将RTT值确定为 $RTT = t_4 - t_1 - SIFS_{实际}$ 。以此方式,可以确定RTT值,而不考虑数据帧410和响应帧420的长度。

[0075] 对于其它实施例,设备D1可以将针对 TOD_{DFR} 的时间戳捕获为在从设备D1发送数据

帧410的第一符号的起始时的时间和/或可以将针对TOA_{RES}的时间戳捕获为在接收到数据帧420的最后符号的结束时的时间。还参考图3,对于至少一个实施例,设备D2可以在其天线350(1)-350(n)中的相应一个天线的端口处确定数据帧410的TOA和响应帧420的TOD两者。

[0076] 如上所述,设备D2可以通过将指示其实际SIFS持续时间的信息嵌入到响应帧420中来将其实际SIFS持续时间报告给设备D1。更具体地,对于一些实施例,响应帧420可以是ACK帧,其被修改为包括专用于存储设备D2的SIFS信息的新字段。下文可以将修改后的ACK帧称为“ACK-RTT 帧”。

[0077] 例如,图6A示出了根据示例实施例的示例ACK-RTT帧600。ACK-RTT帧600可以用作在图4中描绘的示例测距操作400中的响应帧420。示例ACK-RTT帧600可以包括2字节帧控制字段601、2字节持续时间字段602、6字节接收机地址(RA) 字段603、3字节SIFS增量字段604、4字节帧控制序列(FCS) 字段605。帧控制字段601可以包括2比特帧类型字段601A和4比特子类型字段601B。对于其它实施例,示例ACK-RTT帧600的字段长度可以是其它适当的值。

[0078] 根据示例实施例,类型字段601A和子类型字段601B可以均填充有当前未使用的或者保留的比特模式以指示对应的帧是ACK-RTT帧600,如图6A中所描绘的。例如,当子类型字段601B的比特模式“1101”指示ACK帧时(例如,由IEEE 802.11标准族所定义的),子类型字段601B的未使用的或者保留的比特模式中选择的一个比特模式可以用于指示该帧是一个ACK-RTT帧600。

[0079] SIFS增量字段604是当前未由IEEE 802.11标准定义的新字段。根据示例实施例,SIFS增量字段604可以用于存储指示在设备D2的实际SIFS持续时间与“标准”SIFS持续时间之间的时间差的差值。该差值(可以在下文被称为“SIFS增量值”)可以被表达为 $SIFS_{\text{增量}} = SIFS_{\text{实际}} - SIFS_{\text{标准}}$ 。因此,对于工作在2.4GHz频带的无线设备, $SIFS_{\text{增量}} = SIFS_{\text{实际}} - 10\mu\text{s}$;对于工作在5GHz频带的无线设备, $SIFS_{\text{增量}} = SIFS_{\text{实际}} - 16\mu\text{s}$;以及对于工作在60GHz频带的无线设备, $SIFS_{\text{增量}} = SIFS_{\text{实际}} - 3\mu\text{s}$ 。

[0080] 对于其中SIFS增量字段604包括3字节(例如,24比特)的示例实施例,当每比特分辨率是0.1ns时,SIFS增量字段604可以存储 $\pm 900\text{ns}$ 的SIFS增量值。对于其它实施例,SIFS增量字段可以包括其它数量的比特和/或每比特分辨率可以是不同于0.1ns的值。

[0081] 对于其它实施例,响应帧420可以是被修改为包括SIFS增量字段604的块确认(BA) 帧。修改后的BA帧可以在下文被称为“BA-RTT帧”。例如,图6B示出了根据示例实施例的示例BA-RTT帧610。BA-RTT帧610可以用作图4中描绘的示例测距操作400中的响应帧420。示例BA-RTT帧610可以包括2字节帧控制字段611、2字节持续时间/ID字段612、6字节接收机地址(RA) 字段603、6字节发射机地址(TA) 字段613、3字节SIFS增量字段604、2字节BA控制字段614、可变长度BA信息字段615和4字节FCS字段605。帧控制字段611可以包括2比特帧类型字段611A和4比特子类型字段611B。对于其它实施例,示例BA-RTT帧610的字段长度可以是其它适当的值。

[0082] 根据示例实施例,类型字段611A和子类型字段611B可以均填充有当前未使用的或者保留的比特模式以指示对应的帧是BA-RTT帧610,如图6B中所描绘的。例如,当子类型字段611B的比特模式“1001”指示BA帧时(例如,由IEEE 802.11标准族所定义的),子类型字段611B的未使用的或者保留的比特模式中选择的一个比特模式可以用于指示该帧是一个BA-RTT帧610。

[0083] 将设备D2的实际SIFS持续时间参照“标准”SIFS持续时间(如上文关于图6A-图6B所描述的)可以假定“标准”SIFS持续时间为其它无线设备所已知和/或保持恒定。对于其它实施例,可以将设备D2的实际SIFS持续时间参照设备D2的一个或多个先前确定的SIFS持续时间(例如,而不是“标准”SIFS持续时间)。例如,可以将实际SIFS持续时间参照设备D2的先前确定的SIFS持续时间的中间值,如下文关于图7A-图7B更详细描述。

[0084] 图7A示出了根据示例实施例的另一个示例ACK-RTT帧700。ACK-RTT帧700类似于图6A的ACK-RTT帧600,除了ACK-RTT帧600的3字节SIFS增量字段604被替换为图7A的示例ACK-RTT帧700中的1字节中间SIFS字段704和2字节SIFS增量字段705之外。ACK-RTT帧700的类型字段701A和子类型字段701B(其可以均填充有当前未使用的或者保留的比特模式,该比特模式指示对应的帧是ACK-RTT帧700)可以不同于用于上文关于图6A描述的示例ACK-RTT帧600的类型字段601A和子类型字段601B的比特模式。

[0085] 中间SIFS字段704的8比特可以存储中间SIFS持续时间,其指示针对与设备D2相关联的多个先前帧交换的中间SIFS持续时间。例如,如果100ns单位用于每个比特,则中间SIFS字段704的8比特可以表示多达25.5us的中间SIFS持续时间。2字节SIFS增量字段705可以用于指示在当前帧交换的实际SIFS持续时间与中间SIFS持续时间(例如,如中间SIFS字段704中所存储的)之间的时间差。以此方式,SIFS差值可以被表达为 $SIFS_{增量} = SIFS_{实际} - SIFS_{中间}$ 。申请人注意到如果0.1ns每比特分辨率用于SIFS_{增量},则SIFS增量字段705的16比特可以表示+/-900ns的差值。对于其它实施例,示例ACK-RTT帧700的字段长度可以是其它适当的值。

[0086] 还可以在根据示例实施例构造的块确认(BA)帧中提供中间SIFS信息。例如,图7B示出了根据示例实施例的另一个示例BA-RTT帧710。BA-RTT帧710类似于图6B的BA-RTT帧610,除了BA-RTT帧610的3字节SIFS增量字段604被替换为图7B的示例BA-RTT帧710中的1字节中间SIFS字段704和2字节SIFS增量字段705之外。BA-RTT帧710的类型字段711A和子类型字段711B(其可以均填充有当前未使用的或者保留的比特模式,该比特模式指示对应的帧是BA-RTT帧)可以不同于用于上文关于图6A描述的示例BA-RTT帧610的类型字段611A和子类型字段611B的比特模式。示例BA-RTT帧710中的1字节中间SIFS字段704和2字节SIFS增量字段705类似于图7A的示例ACK-RTT帧700中的1字节中间SIFS字段704和2字节SIFS增量字段705。对于其它实施例,示例BA-RTT帧710的字段长度可以是其它适当的值。

[0087] 对于一些实施例,可以定义新的信息元素(IE)以向设备D1(或任何适当的发起方设备)报告设备D2(或任何适当的响应方设备)的SIFS信息。例如,图8示出了示例SIFS IE 800,根据示例实施例,其可以包括在控制帧(或其它适当的帧)中以向另一设备报告SIFS信息。SIFS IE 800包括1字节元素ID字段810、1字节长度字段820、3字节SIFS报告字段830和非扩展字段840。元素ID字段810可以存储任何当前未使用的或保留的IE ID值以指示信息元素是SIFS IE 800。长度字段820指示SIFS IE 800的长度,对于图8的示例其是5字节。SIFS报告字段830可以存储(1)针对SIFS_{增量}的3字节值或(2)针对SIFS_{中间}的1字节值和针对SIFS_{增量}的2字节值。对于其它实施例,示例SIFS IE 800的各个字段可以是其它适当的值。

[0088] 为了最大化测距准确性,可以例如在发起方设备和响应方设备二者中使用单个发送链(和单个天线)来执行本文所描述的测距操作,以避免由循环移位分集(CSD)导致的错误。对于一些实施例,数据帧410(或发起测距操作的任何适当的帧)中的所选比特可以用于

请求响应方设备在向发起方设备发送响应帧420 (或包括响应方设备的SIFS信息的任何适当的帧)时使用单个发送链。该所选比特可以是数据帧410的L-SIG字段中的保留比特4、数据帧410的服务字段中的保留比特7-15中的任何一个或数据帧410中的任何其它适当的比特。

[0089] 如上所述,设备D1和设备D2可以例如在关联过程期间交换能力,以向彼此告知其支持根据示例实施例的测距操作的能力。更具体地,在设备D1与设备D2之间的经交换的能力可以指示每个设备是否支持创建和/或接收ACK-RTT帧600、ACK-RTT帧700、BA-RTT帧610和/或BA-RTT帧710。当设备D1和设备D2两者支持使用上述的ACK-RTT帧600/700和/或BA-RTT帧610/710时,设备D1和设备D2可以被配置为分别使用ACK-RTT帧600/700和/或BA-RTT帧610/710而不是使用常规的ACK帧和常规的BA帧来确认接收到来自彼此的数据帧。以此方式,响应方设备(例如,上面示例中的设备D2)可以总是将其SIFS信息嵌入在确认帧中,这转而允许发起方设备(例如,上面示例中的设备D1)对例如任何帧交换执行测距操作,而无需专门地请求特定的测距操作。

[0090] 对于一些实施例,在关联期间交换的帧的扩展能力元素中的保留比特中的一个可以用于指示对本文公开的ACK-RTT和BA-RTT帧的支持。对于其它实施例,从发起方设备向响应方设备发送的数据帧410 (例如,用以发起测距操作)中的保留比特中的一个可以用于指示ACK-RTT帧或BA-RTT帧是否是预期响应于数据帧410。对于一个示例,数据帧410的L-SIG字段中的保留比特4可以用于请求使用ACK-RTT帧或BA-RTT帧的响应。对于另一示例,数据帧410的服务字段中的保留比特7-15中的任何一个可以用于请求使用ACK-RTT帧或BA-RTT帧的响应。

[0091] 对于其中数据帧410是FTM帧的实施例,FTM帧中的比特中的一个可以用于指示ACK-RTT帧或BA-RTT帧是否是预期响应于FTM帧。对于一个示例,FTM帧的L-SIG字段中的保留比特4可以用于请求使用ACK-RTT帧或BA-RTT帧的响应。对于另一示例,FTM帧的服务字段中的保留比特7-15中的任何一个可以用于请求使用ACK-RTT帧或BA-RTT帧的响应。对于又一示例,FTM帧中的新添加的比特可以用于请求使用ACK-RTT帧或BA-RTT帧的响应。

[0092] 示例实施例还适用于与IEEE 802.11标准的高吞吐量/甚高吞吐量(HT/VHT)协议兼容的设备。对于这样的设备,关联帧的扩展能力元素中的一个比特、数据帧410中的保留比特中的一个、数据帧410的L-SIG字段中的保留比特4、和/或数据帧410的服务字段中的保留比特7-15中的任何一个可以用于指示当根据HT/VHT协议操作时支持ACK-RTT帧和BA-RTT帧。替代地,从发起方设备向响应方设备发送的FTM帧(例如,用以发起测距操作)中的比特中的一个可以用于指示当根据HT/VHT协议操作时支持ACK-RTT帧和BA-RTT帧。例如,FTM中的保留比特可以是L-SIG字段中的比特4,可以是服务字段中的保留比特7-15中的任何一个,和/或可以是FTM帧中新添加的比特。

[0093] 示例实施例还适用于例如准备发送/清除发送(RTS/CTS)帧交换,其中响应方设备可以在CTS帧中将其SIFS信息报告给发起方设备。示例实施例还适用于控制帧和数据帧。例如,当AP发送触发帧到多个STA以请求上行链路多用户(MU)帧时,STA可以在MU帧中报告其SIFS信息,例如,作为特殊元素。

[0094] 图9示出了被表示为一系列相互关联的功能模块的示例第一无线设备或装置900。用于向第二无线设备发送数据帧的模块901可以至少在一些方面中对应于例如如本文所论

述的处理器(例如,处理器330)及/或本文所论述的一个或多个收发机(例如,收发机320)。用于确定数据帧410的离开时间(TOD)的模块902可以至少在一些方面中对应于例如如本文所论述的处理器(例如,处理器330)。用于从第二无线设备接收响应帧420的模块903可以至少在一些方面中对应于例如如本文中所论述的处理器(例如,处理器330)及/或本文所论述的一个或多个收发机(例如,收发机320)。用于确定响应帧420的到达时间(TOA)的模块904可以至少在一些方面中对应于例如如本文所论述的处理器(例如,处理器330)。用于确定数据帧410和响应帧420的往返时间(RTT)的模块905可以至少在一些方面中对应于例如如本文所论述的处理器(例如,处理器330)。

[0095] 图9的模块的功能可以以与本文的教导相一致的各种方式来实现。在一些设计中,这些模块的功能可以被实现为一个或多个电组件。在一些设计中,这些块的功能可以被实现为包括一个或多个处理器组件的处理系统。在一些设计中,这些模块的功能可以使用例如一个或多个集成电路(例如,ASIC)的至少一部分来实现。如本文所论述的,集成电路可以包括处理器、软件、其它相关组件、或其某种组合。因此,不同模块的功能可以实现为例如集成电路的不同子集、软件模块集合的不同子集、或其组合。此外,将意识到,(例如,集成电路和/或软件模块集合的)给定子集可以为一个以上模块提供功能的至少一部分。

[0096] 此外,图9表示的组件和功能以及本文所描述的其它组件和功能可以使用任何适当的单元来实现。这样的单元还可以至少部分地使用如本文所教导的相应结构来实现。例如,上文结合用于图9的组件的“模块”描述的组件也可对应于类似地指定的“用于……的单元”功能。因此,在一些方面中,可以使用如本文所教导的处理器组件、集成电路或其它适当结构中的一个或多个来实现这些单元中的一个或多个。

[0097] 本领域技术人员将意识到,可以使用多种不同的技艺和技术中的任何一种来表示信息和信号。例如,可遍及上文描述所提及的数据、指令、命令、信息、信号、比特、符号和码片可以由电压、电流、电磁波、磁场或磁性粒子、光场或光学粒子、或者其任意组合来表示。

[0098] 此外,本领域技术人员将意识到,结合本文公开的方面所描述的各种说明性的逻辑框、模块、电路和算法步骤可以实现为电子硬件、计算机软件或两者的组合。为了清晰地说明硬件和软件的这种可互换性,上文已经将各种说明性的组件、框、模块、电路和步骤按照它们的功能进行了总体地描述。至于这种功能是实现为硬件还是软件取决于特定应用和施加于整体系统上的设计约束。本领域技术人员可以针对每种特定应用以变化的方式来实现所描述的功能,但是这些实现决定不应被认为是导致脱离了本公开内容的范围。

[0099] 结合本文公开的方面所描述的方法、序列或算法可以直接体现在硬件中、由处理器执行的软件模块中、或两者的组合中。软件模块可以驻留在RAM存储器、闪存、ROM存储器、EPROM存储器、EEPROM存储器、寄存器、硬盘、可移动盘、CD-ROM或本领域公知的任何其它形式的存储介质中。示例性存储介质耦合到处理器,使得处理器可以从存储介质读取信息以及向存储介质写入信息。在替代方案中,存储介质可以集成到处理器。

[0100] 因此,本公开内容的一个方面可以包括非暂时性计算机可读介质,该非暂时性计算机可读介质包含用于非地球同步卫星通信系统中的时间和频率同步的方法。术语“非暂时性”并不排除任何物理存储介质或存储器,特别是不排除动态存储器(例如,常规的随机存取存储器(RAM)),而是只排除以下的解读:该介质可以被解释为暂时性传播信号。

[0101] 在前述的说明书中,已参考其特定的示例实施例描述了示例实施例。然而,将显而

易见的是,在不脱离如所附权利要求中阐述的本公开内容的更宽范围的情况下,可以对其进行各种修改和改变。因此,说明书和附图被认为是说明性的而不是限制性的。例如,图5的流程图中描绘的方法步骤可以以其它适当的顺序来执行和/或一个或多个方法步骤可以被省略。

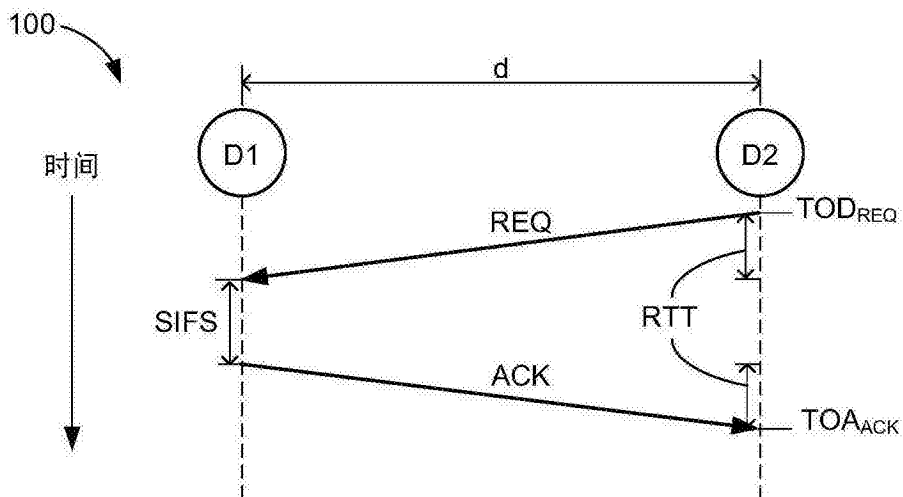


图1A

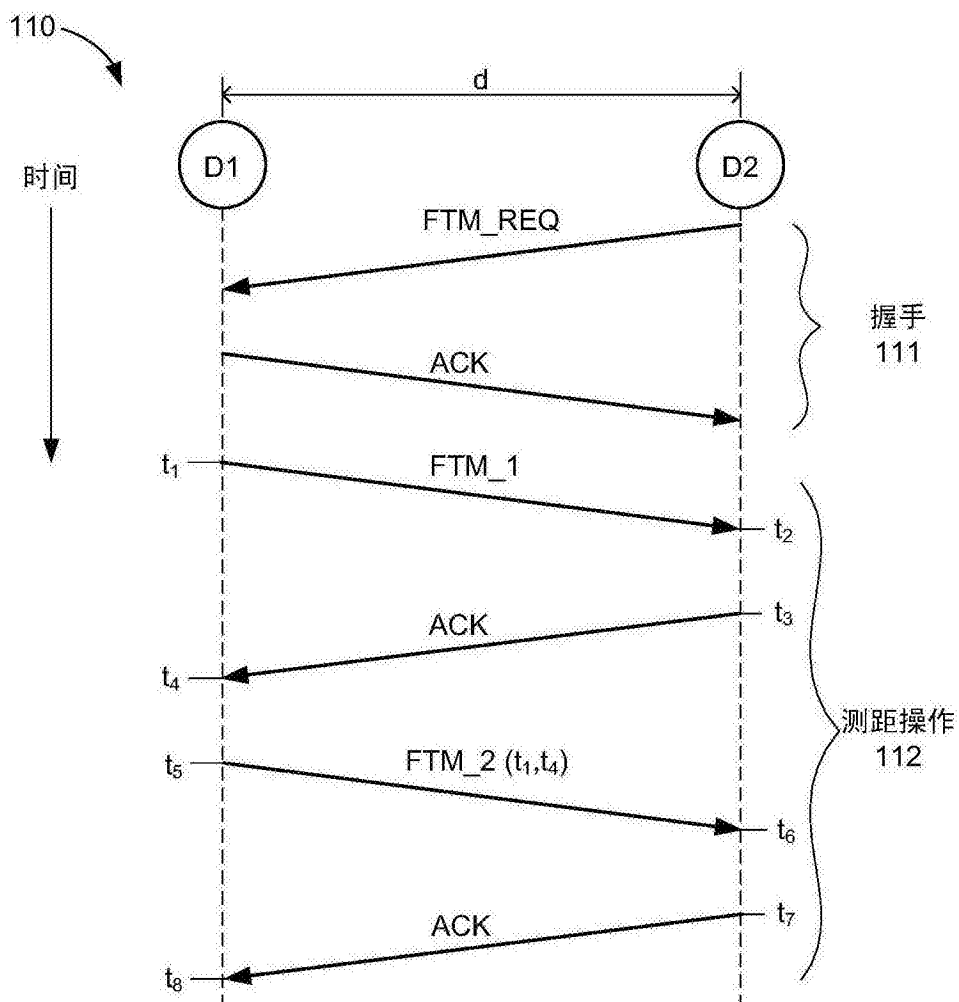


图1B

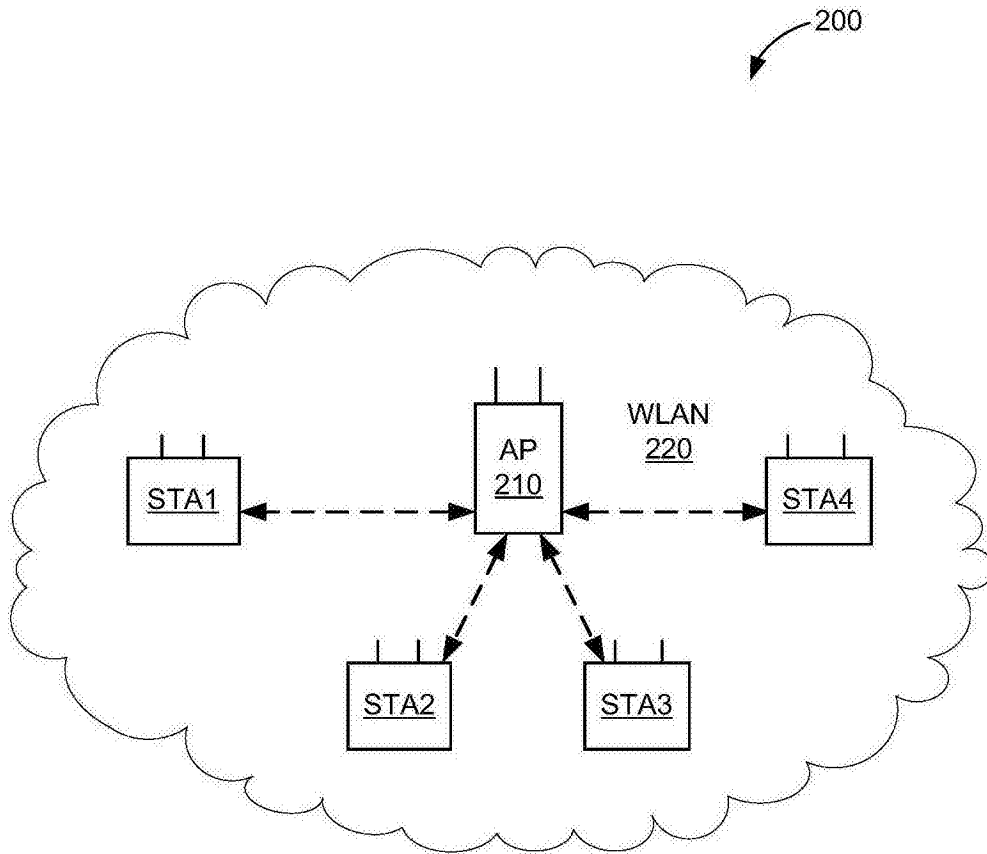


图2

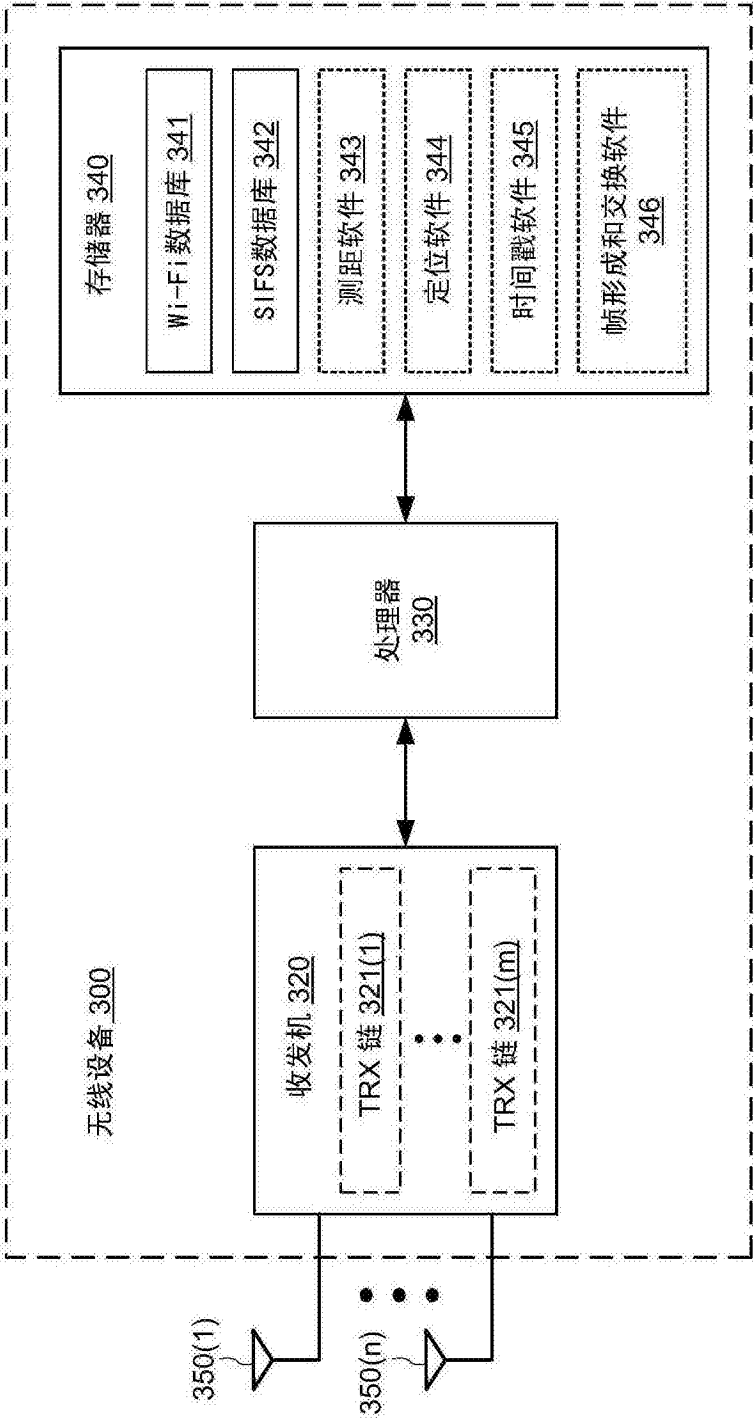


图3

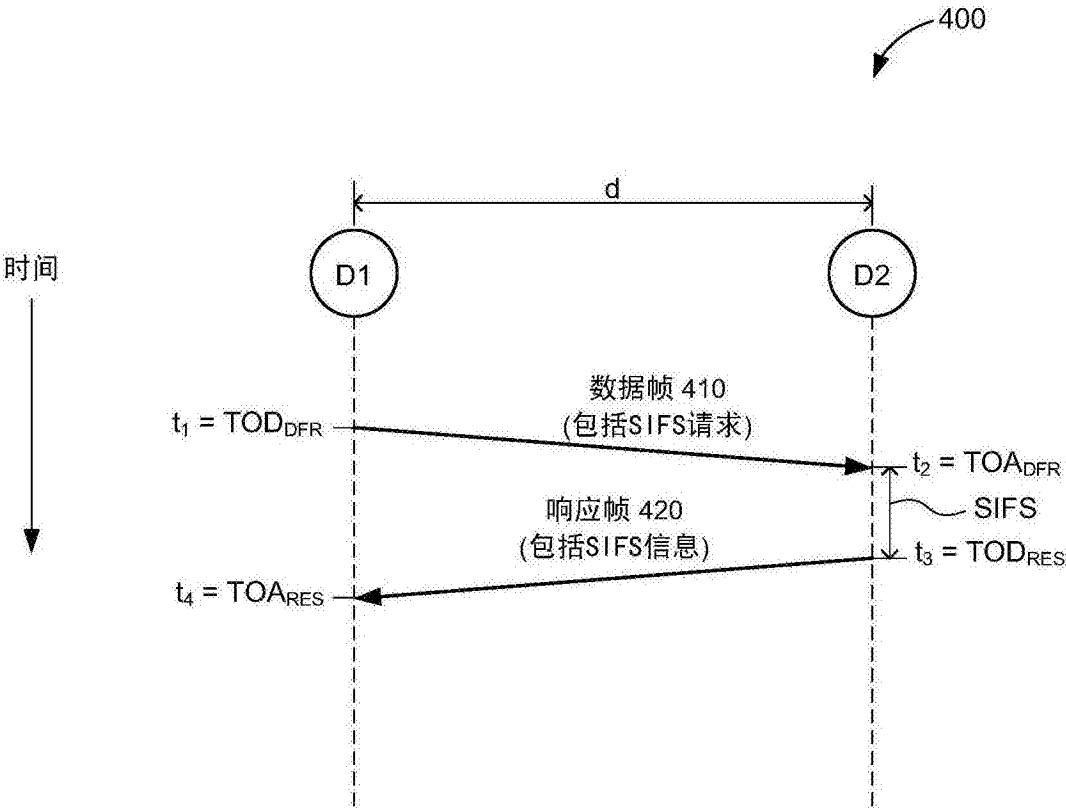


图4

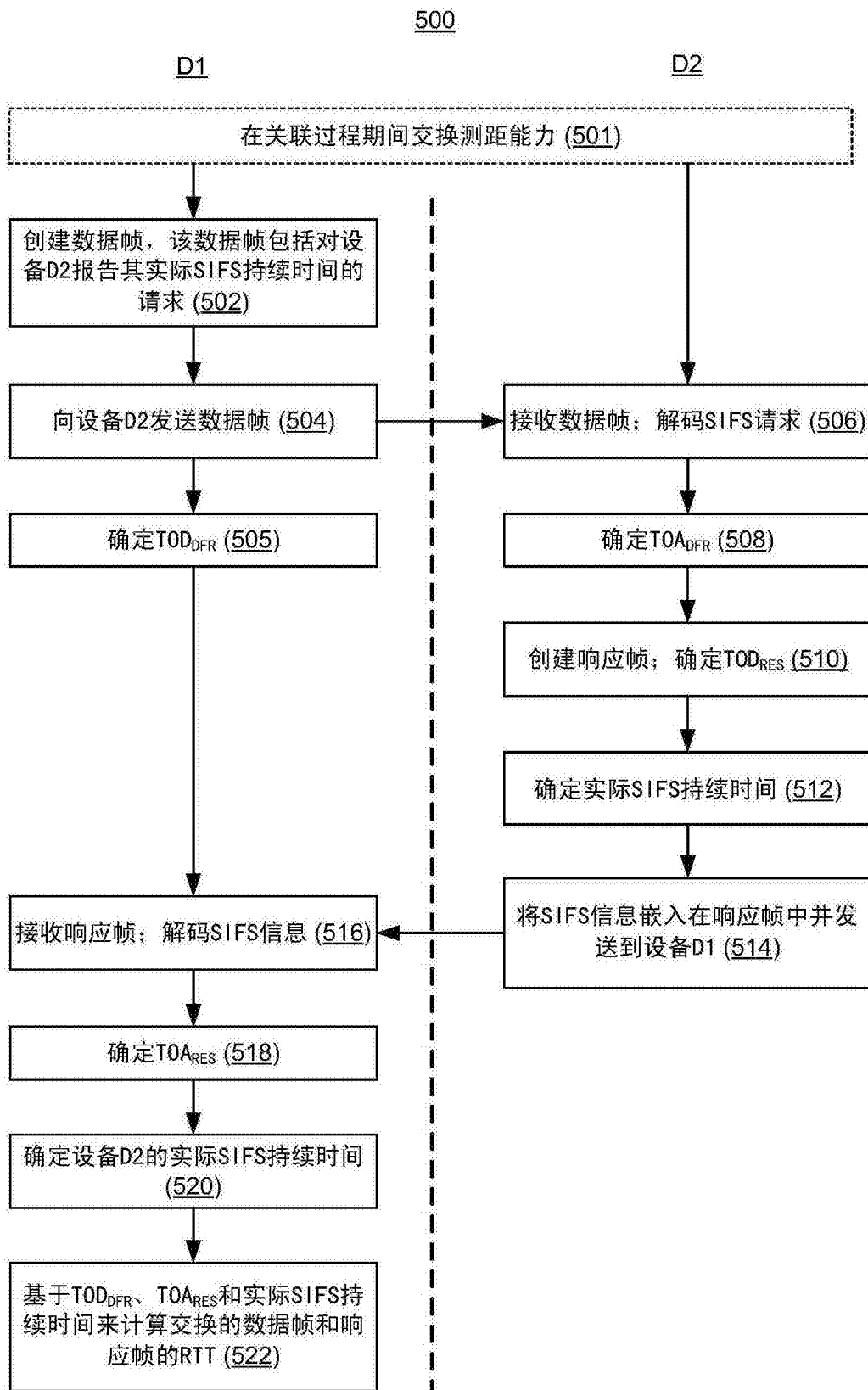


图5

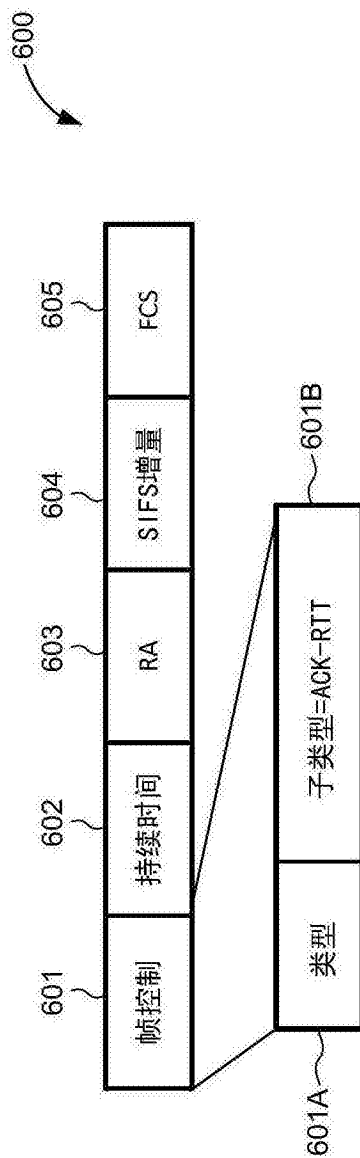


图6A

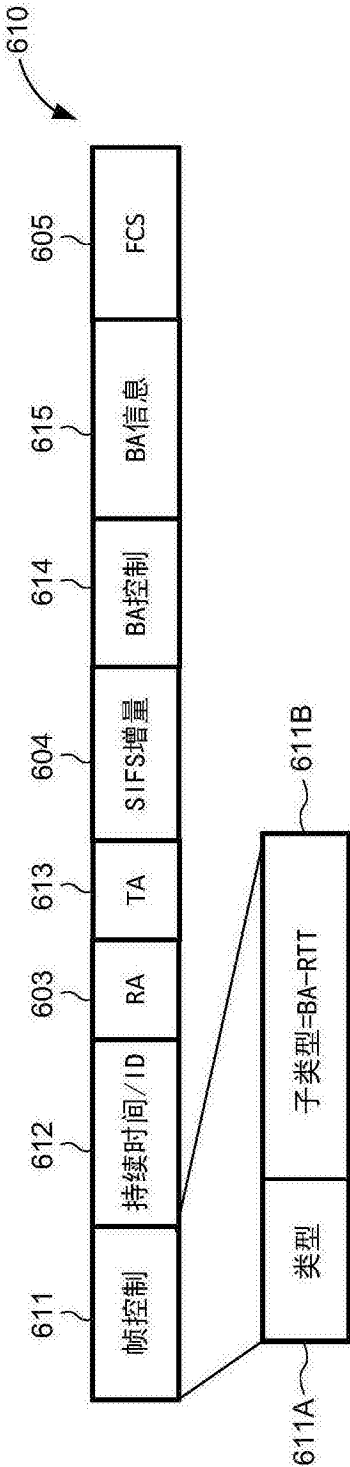


图6B

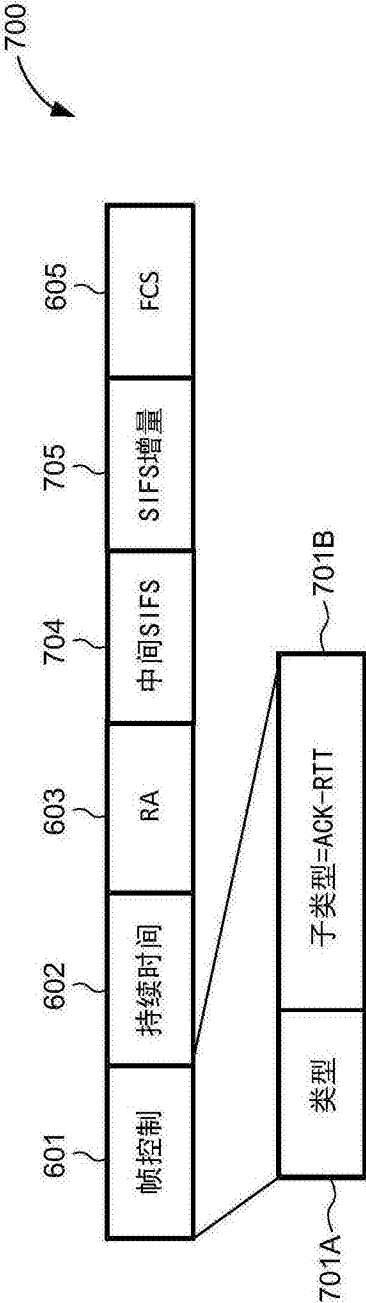


图7A

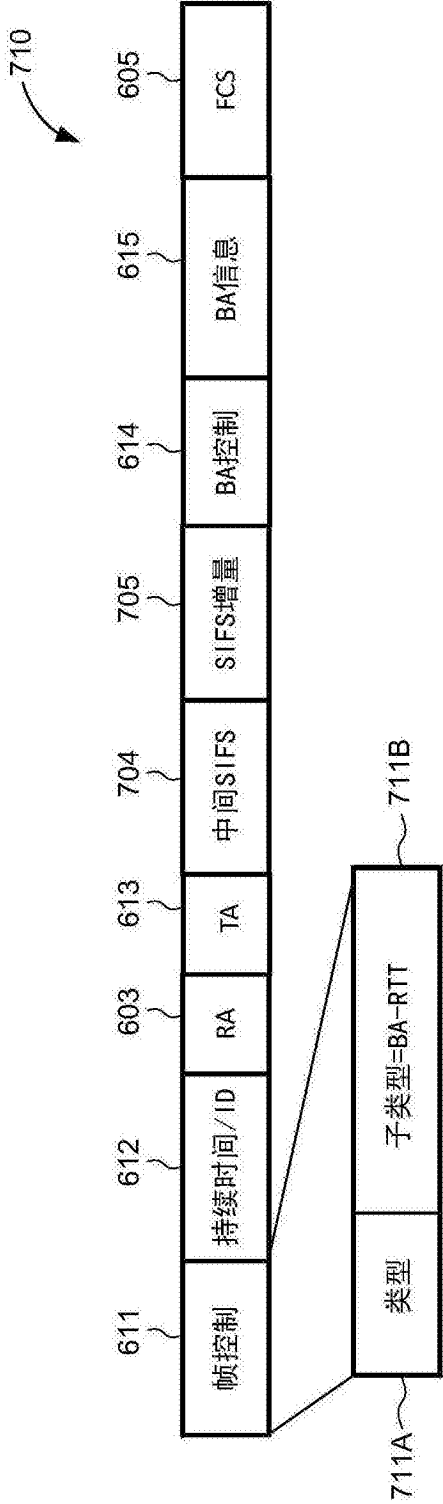


图7B

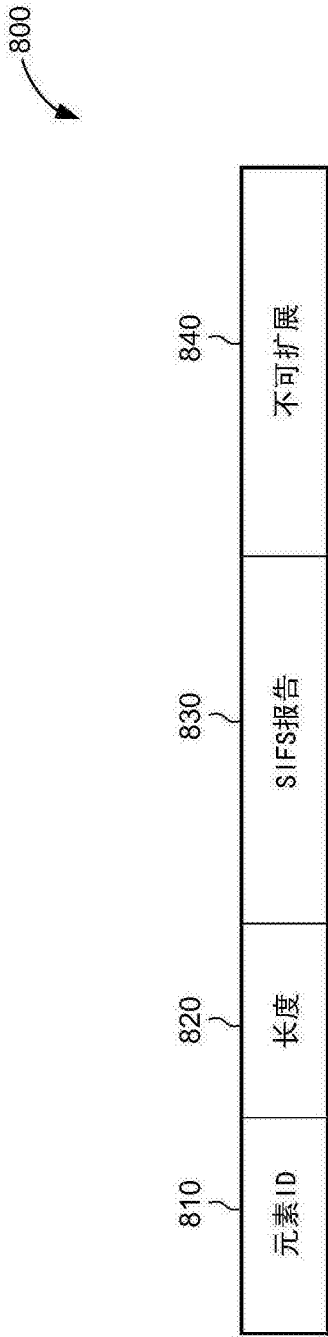


图8

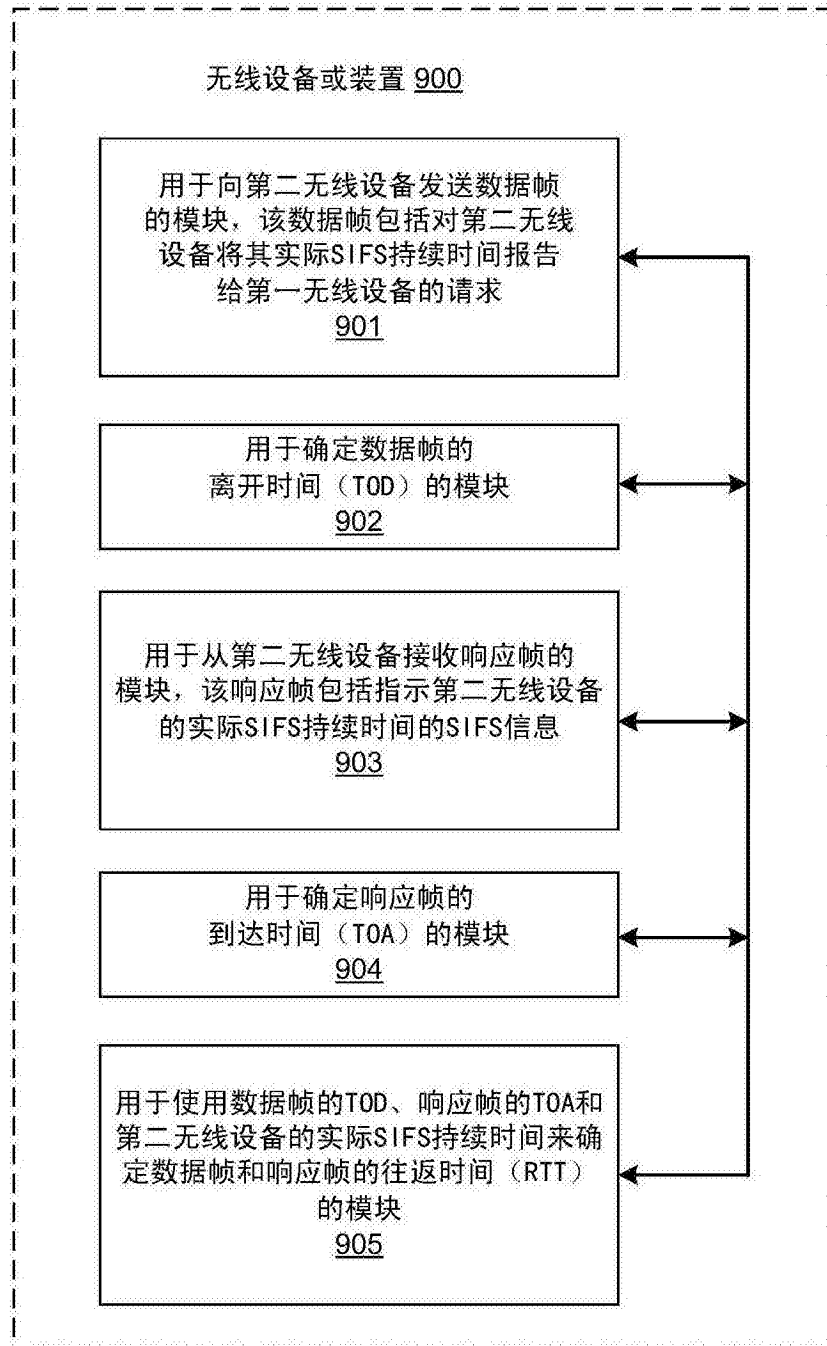


图9