(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 101023632 B
(45)授权公告日 2010.11.03

(21)申请号 200580008748.5

(22)申请日 2005.03.02

(30)优先权数据
0406094.3 2004.03.17 GB

(85)PCT申请进入国家阶段日
2006.09.18

(86)PCT申请的申请数据
PCT/IB2005/050767 2005.03.02

(87)PCT申请的公布数据
WO2005/091573 EN 2005.09.29

(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 马丁·S·威尔科克斯 A·S·莱奇 P·M·福尔顿

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 李亚非 刘杰

(51)Int.Cl.
H04L 12/56(2006.01)
H04L 12/28(2006.01)

(56)对比文件
US 2003 / 0174048 A1,2003.09.18, 全文.
WO 03032604 A1,2003.04.17, 全文.
US 6307848 B1,2001.10.23, 全文.
WO 02/21770 A2,2002.03.14, 全文.

审查员 雷永俊

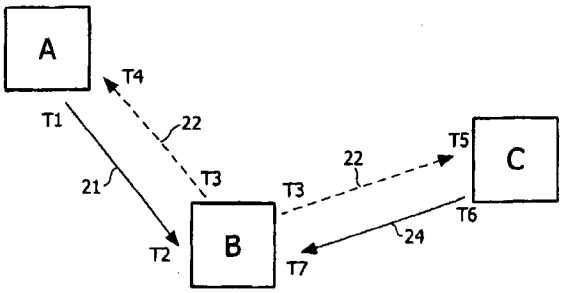
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 6 页

(54)发明名称

在主/从网络和AD HOC网络中通过窃听消息完成传输时间测量

(57)摘要

一种用于获取电子设备的距离和/或位置信息的方法典型地依靠于设备(A)请求另一设备(B)提供应答消息(22),应答消息(22)包含与所收到的和所发送的信号有关的某些时间信息(T2,T3)。在这种网络中出现的问题包括:首先,某些设备(C)可能在用于启动距离测量的设备(A)的范围之外,以及其次,某些设备(B,C)可能不被允许彼此之间进行通信,并且因此,无法得到这些设备间的距离。本发明公开了这样的情况,即在该系统中窃听在其它设备(A,B,C)间传递的消息(21,22,24)这最终可以得到附加设备间的距离。而且,通过使用窃听,减少了传输数目以及潜在的冲突。因此,降低了网络中的节点的功率消耗。



CN 101023632 B

1. 一种获得网络中节点间距离关系的方法，所述网络包括第一 (A)、第二 (B) 和第三节点 (C)，其中第二节点在第一节点和第三节点的传输范围内，所述方法包括，

第三节点 (C) 窃听正从第二节点 (B) 传输至第一节点 (A) 的第一消息 (22)；以及

第三节点 (C) 发出第二消息 (24) 以响应第一消息 (22)，其中第二消息 (24) 包括第二时间信息，第一消息 (22) 包括第一时间信息。

2. 如权利要求 1 所述的方法，其中第一消息包括测距响应。

3. 如权利要求 1 所述的方法，其中第一消息 (22) 是对从第一节点 (A) 发送到第二节点 (B) 的测距请求 (21) 的响应。

4. 如权利要求 3 所述的方法，还包括第一节点 (A) 通过考虑测距请求的发出时间 (T1)、第一消息的到达时间 (T4) 和第一消息的第一时间信息来确定第一节点和第二节点间的距离。

5. 如权利要求 3 或 4 所述的方法，其中第一时间信息包括测距请求在第二节点的到达时间 (T2) 和来自第二节点的第一消息的发出时间 (T3)。

6. 如权利要求 3 或 4 所述的方法，其中第一时间信息包括在第二节点处测距请求到达和第一消息发出之间的时间延迟 (T3-T2)。

7. 如权利要求 1 所述的方法，还包括第二节点 (B) 收到第二消息 (24) 并且通过考虑第一消息的发出时间 (T3)、第二消息的接收时间 (T7) 和第二时间信息来确定第二节点 (B) 和第三节点 (C) 之间的距离。

8. 如权利要求 1 所述的方法，其中第二时间信息包括第一消息在第三节点 (C) 的到达时间 (T5) 和来自第三节点的第二消息的发出时间 (T6)。

9. 如权利要求 1 所述的方法，其中第二时间信息包括第一消息到达第三节点和从第三节点发出第二消息之间的时间延迟 (T6-T5)。

10. 如权利要求 1 所述的方法，其中所述网络是主 / 从网络，第一节点 (A) 是主节点而第二节点 (B) 和第三节点 (C) 是从节点，并且其中第二消息 (24) 是发送给主节点 (A) 的且第二节点 (B) 通过窃听接收第二消息。

11. 如权利要求 1 所述的方法，其中所述网络是网状网络并且第二消息 (24) 被发送给所述第二节点 (B)。

12. 如权利要求 11 所述的方法，其中第三节点 (C) 不在第一节点 (A) 的传输范围内。

13. 如权利要求 3 所述的方法，其中请求 (21)、第一消息 (22) 和第二消息 (24) 包括在 MAC 命令帧 (29-36) 中。

14. 如权利要求 3 所述的方法，其中请求 (21)、第一消息 (22) 和第二消息 (24) 中的每一个都包括事务 ID(34) 和请求的事务 ID，第一消息和第二消息相匹配。

15. 如权利要求 14 所述的方法，其中事务 ID(34) 由第一节点随机地选择。

16. 如权利要求 3 所述的方法，其中根据 IEEE 802.15.4 标准发送请求 (21)、第一消息 (22) 和第二消息 (24)。

17. 如权利要求 1 所述的方法，其中所述网络包括窃听第一消息 (22) 并且发送多个消息 (24,37,38) 的多个节点，第二节点 (B) 接收多个消息并且计算从第二节点 (B) 到多个窃听节点 (C, D, E) 中的每一个的距离，并且分配应答周期给其中多个节点中的每一个，以避免消息冲突。

18. 如权利要求 17 所述的方法，其中根据多个节点的功率能力来分配每个节点的应答周期。

19. 如权利要求 17 所述的方法，其中随机地分配每个节点的应答周期。

20. 一种可作为无线网络中的节点进行操作的设备 (C)，所述无线网络具有不同于所述节点的第一节点 (A) 和第二节点 (B)，所述设备包括：

装置 (11)，用于窃听正从第二节点发送到第一节点的第一消息 (22)；

时间装置 (15)，用于测量时间信息；和

发送器，用于发送第二消息 (24)，以响应包括所述时间信息的第一消息。

21. 如权利要求 20 所述的设备，其中时间信息基于第一消息的到达时间 (T5) 和第二消息的发出时间 (T6)。

22. 如权利要求 20 或 21 所述的设备，其中所述设备被配置为在由第一节点 (A) 分配给所述设备的时隙中发出第二消息 (24)。

23. 如权利要求 20 或 21 所述的设备，其中第一消息 (22) 包括事务标识符 (34)，并且基于第一消息的事务标识符将该设备配置为在第二消息 (24) 中包括事务标识符 (34)。

24. 如权利要求 20 或 21 中任一权利要求所述的设备，其中设备根据 ZigBee 标准进行操作。

25. 如权利要求 24 所述的设备，其中设备被配置为在它的睡眠模式期间接受所述第一消息。

26. 一种网络，包括权利要求 20、21 或 25 所要求的多个设备。

27. 如权利要求 26 所述的网络，所述网络为网状网络。

28. 如权利要求 26 所述的网络，所述网络为主 / 从网络。

在主/从网络和AD HOC网络中通过窃听消息完成传输时间测量

[0001] 本发明涉及一种用于获取无线网络中节点间的距离或传输时间信息的方法和装置。

[0002] 与使用有线网络相比，使用无线网络具有许多优点，并且网络节点间的通信管理对它的成功来说具有重要意义。为了从一个节点传输数据到另一个节点，需要确定所述节点的位置并且确定路由。无线节点的位置可能变化很快，而且需要经常对所有节点的位置进行更新，这使网络管理变得更困难。

[0003] 无线网络的一个例子是智能家庭网络，其中用户可以在远程位置控制家里的设备和/或其中设备的行为随用户的位置发生变化。具有低能耗的节点在这种网络中是首选的。低能耗意味着节点可以在标准电池上运行，该种电池在理论上只在几年才更换一次，或者至多一年更换几次。或者，他们可通过例如使用太阳能面板这样的其它方式来提供动力。因此，供电和维护网络的花费是很低的。得到网络中各个节点之间的距离的传统方法包括节点A发送测距请求给节点B。节点B发送这样的应答，该应答包括与请求到达的时间和应答被发出的时间相关的信息。节点A于是可以计算节点A和节点B之间的距离。而且，可以确定节点A的时钟和节点B的时钟之间的时钟偏移，这可使这些节点同步。此外，如果节点A希望与在节点A的传输范围之外但在节点B的传输范围之内的节点C进行通信，那么节点B可以针对节点C执行测距程序并且将报告返回至节点A。在收到来自节点C的传输范围之内的许多节点的距离信息之后，节点A就能够确定它与节点C能够进行通信的最优路由。

[0004] 但是，上述方法存在许多问题：需要定期更新距离信息，并且如果网络中存在大量节点，那么测距请求和响应就会与网络中的其它通信发生冲突。上述测距方法还会过分使用网络中的低功率节点，结果不得不比预期地更频繁地更换节点的电池。而且，在主/从网络中，从节点只被允许直接与主节点进行通信，而不允许与其它从节点进行通信，这样就不能确定两个从节点之间的距离。因此，只能一维地指定节点的位置，即自主节点起的距离。

[0005] 美国专利号6,006,097公开了一种系统和方法，其中减少了在无线网络的移动站和多个基站之间所传输的消息数量，以便可找到移动站相对于多个基站中的每一个的位置。根据所公开的方法，不是发送单独的消息给多个基站中的每一个，移动站在可由多个基站的全体接收的消息中发送位置信息。然而，该方法只允许在移动站和一小部分节点即基站间交换位置信息。而移动站无法直接地向其它移动站传送位置信息。

[0006] 本发明设法解决上述问题。

[0007] 依照本发明，提供一种用于确定网络中的包括有第一、第二和第三节点的节点之间的距离关系的方法，其中所述第二节点在第一和第三节点的传输范围之内，所述方法包括第三节点窃听从第二节点发送给第一节点的第一消息。

[0008] 在一个实施例中，所述消息包括对从第一节点发送给第二节点的测距请求作出响应的第一消息，并且第一消息还包括第一时间信息；而且，第三节点发送包括第二时间信息的第二消息来应答第一消息。如果第一节点收到第一消息，它就具有足够的信息来确定第

一节点和第二节点间的距离。类似地，如果第二节点收到第二消息，那么它也就具有足够的信息来确定第二节点和第三节点间的距离。

[0009] 所述方法的一个优点在于仅需要发送三条消息，用于第一节点确定至第二节点的距离，以及第二节点确定至第三节点的距离，而在传统方法中，需要四条消息。

[0010] 此外，依照本发明，如果所述网络是主 / 从网络，而且第二和第三节点是从节点，那么所述方法还可以包括第二消息，该第二消息被发送给主设备并且第二节点通过窃听来接收该第二消息。

[0011] 因此，本发明的另一个优点在于可以确定主 / 从网络中的从节点间的距离。

[0012] 依照本发明，还提供了用作无线网络中的一个节点的一种设备，所述网络具有不同于所述节点的第一节点和第二节点，所述设备包括用于窃听从第二节点发送至第一节点的第一消息的装置，以及用于测量时间信息的时间装置。在一个实施例中，所述节点还包括用于发送第二消息以响应第一消息的发送器，其中第二消息包括所述时间信息。

[0013] 因此，如果第一消息的源节点收到第二消息，就可以确定节点间的距离关系。

[0014] 更进一步，依照本发明，节点可以被配置为在由网络协调器分配给节点的一个时隙中发送所述第二消息。因此，可以避免数据传输的冲突。

[0015] 更进一步，依照本发明，节点可以被配置为在其处于睡眠模式时接受第一消息。

[0016] 现在将参照附图以举例的方式描述本发明的实施例，其中：

[0017] 图 1 是适用于无线网络的低功率设备的示意图；

[0018] 图 2 是适用于无线网络的低功率设备的另一示意图；

[0019] 图 3 说明了图 1 和图 2 所说明的设备中的协议层；

[0020] 图 4 说明了根据一种传统方法的在无线网络中发送的测距请求和响应；

[0021] 图 5 说明了根据本发明的在无线网状网络中发送的测距请求和响应；

[0022] 图 6 说明了根据本发明的在无线网络中的节点间发送的数据的结构；

[0023] 图 7 说明了根据本发明的在包括多个节点的无线网状网络中发送的测距请求和响应；

[0024] 图 8 说明了根据本发明的在主 / 从网络中发送的测距请求和响应；以及

[0025] 图 9 说明了可以使用本发明的一种情况的具体例子。

[0026] 参照图 1，显示了提供一种用于在短程网络中进行通信的节点的设备 1。该节点可以被连接到家庭中的机顶盒以用于控制把单个电子设备连接到一起的短程网络，或者它可以是由短程网络的用户佩带的便携式设备。设备 1 包括用于发射和接收射频信号 3 的短程收发器 2、中央处理器 4、内存 (ROM)5、存储器 (RAM)6 和用于与其它节点同步的内部时钟 7。在一个实施例中，设备 1 还包括用于与用户通信的输入设备 8 和显示器 9。该设备还与电池相连接（未示出）。网络要求至少一个充当网络协调器的节点。用户可以使用输入设备 8 和显示器 9 与网络协调器进行通信，并且从而控制网络。或者，所述用户可以使用移动电话或 BluetoothTM 设备与使用射频信号的网络协调器进行通信。因此，在一个可选实施例中，协调器可以不具有输入设备 8 和显示器 9。

[0027] 因此，设备 1 可以充当网络协调器。与网络中的其它节点相比，网络协调器通常具有增强的功能。例如，网络协调器会需要更多的内存和存储器以建立网络、启动与网络相连接的设备以及存储与包含在网络中的每个节点相关的信息。参照图 2，显示了一种没有被配

置为充当网络协调器的设备 10 的例子。设备 10 同样包括用于接收和发送射频信号 3 的短程收发器 11、中央处理器 12、内存 (ROM)13、存储器 (RAM)14 和内部时钟 15。然而，该处理器与设备 1 的处理器相比具有较低的处理能力，并且设备 10 的内存和存储器小于设备 1 的内存和存储器。此外，由于设备 10 可以与设备 1 定期同步，所以设备 10 的内部时钟 15 比设备 1 的时钟更欠精确。因此，设备 10 与设备 1 相比具有更低的功率消耗并且更便宜。存在设备 1 和多个设备 10 可以彼此进行通信的多种不同的方法。在一种网状网络中，在范围之内，每个设备 10 或 1 都可以直接地与每个其它设备 10 或 1 进行通信。然而，在主 / 从网络中，设备 1 可以与网络中的所有其它设备进行通信，但设备 10 只可以与设备 1 进行通信。

[0028] 优选地，设备 10 和设备 1 适应 ZigBee 标准。然而，这些设备还可以适应其它标准比如 HomeRF、Bluetooth 和 IEEE 802.11x。依照 ZigBee 标准，可以无线连接 255 个设备以形成网络，尽管更多数目的设备可以使用多个 ZigBee 网络进行无线连接。设备可以操作在 2.4GHz、915MHz 和 / 或 868MHz 射频频带；分别支持 250 每秒千比特 (kbps)、40kbps 和 20kbps 的原始数据传送速率，并且典型地具有 10 至 75 米的传输范围。然而，为了降低节点的造价，传输范围可以在 2 至 5 米之间。ZigBee 标准的概述可以经由万维网在 www.ziqbee.org 或从 ZigBee Alliance，Bishop Ranch，22694Bishop Drive，Suite 275，San Ramon，CA 94583，USA. 获得。

[0029] 图 3 显示了适应 ZigBee 标准的设备的协议层体系结构。该设备根据基于为短距低功率设备所开发的 IEEE 802.15.4 标准的协议进行操作。该标准包括控制设备间的通信的物理 (PHY) 层 16。PHY 协议定义了也被称为物理协议数据单元 (PPDU) 的在设备间所发送的数据单元的整体结构。PPDU 包括由 MAC 协议层 17 定义的 MAC（介质访问控制）协议数据单元。MAC 协议层 17 定义了在数据单元中传输的数据的类型，并且它包括用于加密的算法。根据 ZigBee 标准，协议栈还包括网络 (NWK) 层 18 和应用支持 (APS) 层 19。NWK 层 18 包括分别用于建立网络、加入和离开网络、使协调器分配地址给网络中的设备、使帧路由到它们期望的目的地以及对传出和到来的帧应用及取消安全的协议。MAC 层 17 处理单跳跃传输中的安全，而网络层 18 处理多跳跃传输中的安全。单跳跃传输是彼此直接通信的两个节点间直接的数据传输，而多跳跃传输涉及不是彼此直接通信的源节点和目的节点间的数据传输，因此，至少使用一个中间节点以将来自源节点的数据转发到目的节点。由于设备的短传输距离，因此多跳跃在 ZigBee 网络中是普遍的。网络中的所有节点可以不在彼此的传输范围内，并且因此邻近结点必须转发消息。应用支持层 19 控制用于确定哪些其它设备是操作在设备的个人操作空间中的能力以及用于基于它们的服务和期望把两个或更多个设备匹配在一起的能力。最后一层，应用层 20 允许制造商定义应用对象并根据 ZigBee 描述的应用说明来实现这些应用。应用层还包括 ZigBee 设备对象，其负责定义网络中节点的角色，即，网络中哪个节点是协调器以及哪些节点是终端节点。通过增加额外的命令帧来处理测距和窃听，根据本发明的测距方法可以被直接并入到 ZigBee 协议中。

[0030] 图 4 显示了包括节点 A、B 和 C 的网状网络。节点 A 包括充当网络协调器的设备 1。因此，以下用术语‘设备 1’和‘网络协调器’指相同的设备。网络节点 B 和 C 分别包括设备 10a 和 10b。所有节点可以与网络的所有其它节点进行通信。为了管理网络，网络协调器需要与网络中的单个节点间的距离相关的信息。在此例子中，节点 C 不在节点 A 的传输范围内，但是节点 A 可以通过指示在节点 A 和节点 C 的传输范围内的节点 B 将数据转发

给节点 C 来与节点 C 进行通信。网络还可以进一步包括未示出的另外的节点，它们都在节点 A 和节点 C 的传输范围内，并且节点 C 因此希望得到至节点 B 的距离以及节点 B 和节点 C 间的距离，以找到与节点 C 联系的最佳路由。因此，协调器在时间 T1 发送测距请求 21 给设备 B。协调器在它的随机存取存储器 6 中存储发送时间 (TOT)T1。节点 B 收到测距请求，记录测距请求的到达时间 (TOA)T2，并且在时间 T3 发送包括 T2 和 T3 的值的测距响应 22 给协调器 A。协调器在时间 T4 收到测距响应 22 并且在它的随机存取存储器 6 中记录 T2、T3 和 T4。设备 1 现在知道 T1、T2、T3 和 T4 的值。设备 1 可以通过执行以下计算得到节点 A 和节点 B 间的距离：

[0031] [(T2-T1)+(T4-T3)]*c/2 (1)

[0032] 其中 c 是光速。等式 1 中的首项对应于测距请求从节点 A 传播到节点 B 需要花费的时间，而第二项是响应从节点 B 传播到节点 A 需要花费的时间。如果节点 A 和节点 B 的时钟是同步的，那么等式 1 的第一项和第二项是相等的。然而，如果一个时钟相对于另一个时钟略微地延迟，那么第一时间中的误差与第二项中的误差具有相反的符号，并且从而抵消误差。然而，时间数据还允许计算时钟 7 和时钟 15 间的时间延迟以便这些时钟可以同步。通过执行以下计算得到时钟延迟：

[0033] [(T2-T1)-(T4-T3)]/2 (2)

[0034] 只要时钟在消息交换期间没有发生显著变化，在等式 2 中计算的时钟延迟和在等式 1 中抵消的时钟延迟误差就是有效的。为了准确地计算节点间的距离，请求到达和发出响应之间的时间延迟应当保持最小以便时钟不发生严重变化。

[0035] 代替提供时间戳 T2 和 T3，节点 B 只需提供请求到达和发出响应之间的延迟，T3-T2，因为：

[0036] [(T1+T4)-(T3-T2)]*c/2 (3)

[0037] 这等价于等式 1。然而，如果只提供时间延迟，则无法计算时钟的延迟。

[0038] 可以在节点 B 和节点 C 之间重复以上过程，以便可以找到节点 B 和节点 C 之间的距离。节点 B 发送测距请求 23 给节点 C。节点 C 应答包括 T6 和 T7 的值的测距响应 24 给节点 B，并且节点 B 通过执行以下计算来计算节点 B 和节点 C 之间的距离：

[0039] [(T6-T5)+(T8-T7)]*c/2 (4)

[0040] 如果节点 B 已经与节点 A 同步，并且节点 C 与节点 B 同步，那么节点 B、节点 C 和节点 A 全部同步。或者，从节点 C 到节点 B 的测距响应可以只包括值 T7-T6。因此，为了得到节点 A 到节点 B 的距离和节点 B 到节点 C 的距离，总共需要发送 4 条消息。

[0041] 图 5 显示了根据本发明的用于确定节点间距离的方法，，其中减少了被传输的消息的数目。所述方法开始于在时间 T1 由网络控制器 A 发送测距请求 21 给节点 B。节点 B 记录到达时间 T2，并且在时间 T3 发出一测距响应 22。测距响应 22 包括 T2 和 T3 的值。节点 B 进一步在存储器 14 中存储 T3 的值。控制器 A 在 T4 收到响应，并且使用值 T1、T2、T3 和 T4 来计算协调器和节点 B 之间的距离，如等式 1 所示。同时，节点 C 窃听测距响应 22。测距响应在时间 T5 到达节点 C。代替等待来自节点 B 的测距请求 23，节点 C 在时间 T6 向节点 B 回发包括有测距响应 22 的到达时间 (T5) 和值 T6 的测距响应 24。节点 B 在 T7 收到包括值 T5 和 T6 的测距响应，并且因为它已经保存了 T3 的值，所以它现在可以通过执行以下计算来计算节点 B 和节点 C 之间的距离：

[0042] [(T5-T3)+(T7-T6)]*c/2 (5)

[0043] 因此，系统内被传输的消息的数目从 4 减少到 3。

[0044] 在一个可选实施例中，代替在消息中包括两个时间戳，即 T2 和 T3，通过包括请求到达和发出响应之间的时间流逝 T3-T2，节点 B 可以减少发送的数据量。如等式 3 所示，当节点 A 收到响应时，它记录发出请求和收到响应之间的时间 T1-T4，并且减去在节点 B 的时间延迟 T3-T2，就得到至节点 C 的距离。类似地，代替在测距响应 24 中包括两个时间戳 T5 和 T6，节点 C 只包括在节点 C 的时间延迟 T6-T5，并且节点 B 执行以下计算：

[0045] [(T7-T3)-(T6-T5)]*c/2 (6)

[0046] 就得到节点 B 和节点 C 之间的距离。

[0047] 优选地，如图 6 所示，在物理协议数据单元 (PPDU) 中发送测距请求和响应。PPDU 包括其包括有前同步符 25 和帧分隔符 26 的同步头部。前同步符是 1 和 0 的序列以用于警告任何接收设备消息已经在传输过程中。帧分隔符 26 宣布消息的开始。PPDU 还包括物理头部 27，该物理头部包括用于指定剩余消息的长度的字段。由 MAC 协议 17 定义数据单元的剩余字节即 MAC 协议数据单元 28，并且它包括 MAC 头部、MAC 有效负载以及 MAC 页脚。所述 MAC 头部包括用于指定帧和控制数据的类型的帧控制字段 29。存在 4 类帧，即信标帧、数据帧、确认帧和 MAC 命令帧。在此实施例中，测距请求和测距响应被作为 MAC 命令帧的一部分进行发送。MAC 头部还包括数据序列号 (30) 以用于检查设备正在发送 / 接收序列中的哪个数据帧。确认帧总是具有与它正在确认收到的哪一帧相同的数据序列号。在根据本发明的测距方法中，确认帧不是必不可少的，因为如果在一定时间之后没有收到测距响应，那么时间信息将不再有效，并且必须发送新的测距请求。

[0048] MAC 头部还包括源地址字段 31 和目的地址字段 32，它们用于指定消息的源节点和目的节点的 64 位地址。为了减少数据传输量，可以使用较短的 16 位 ZigBee 地址。如果测距请求或响应是发自网络协调器，那么就不必指定源地址。类似地，如果测距请求或响应是发送到协调器，那么目的地址保留空白。因此，测距请求 21 包括空白源地址字段和用于指定设备 B 的地址的目的地址字段。测距响应 22 具有用于指定设备 B 的地址的源地址字段和空白目的地址字段。响应 24 的源地址字段包括节点 C 的地址并且响应 24 的目的地址字段包括节点 B 的地址。

[0049] MAC 页脚包括帧校验序列 36 以用于错误检验。MAC 有效负载包括有效负载头部，其包括用于指定 MAC 命令帧的类型的 MAC 命令标识符 33。根据本发明，有效负载头部还可以包括用于控制测距请求和测距响应的附加数据。当 PPDU 是测距请求时，MAC 命令标识符指定有效负载 35 是请求，并且有效负载包括与节点相关的可预测的数据序列以便得到信号到达时间和事务 ID。当数据单元 28 是响应时，MAC 命令标识符 33 指定该单元是响应，并且有效负载 35 包括可预测的数据序列，所请求的时间信息和相应测距请求的事务 ID。它还可以包括用于指定时间信息是否有效的‘时钟有效 (clock valid)’标记。该可预测的数据序列对于接收节点来说足够长以相关联，但是对于彼此在消息交换期间不发生显著变化的两个节点的时钟来说是足够短的。可预测序列的典型示例是 25 字节的空值数据，其刚好持续 800μs 并且足够实现测量以执行相关。。通过指定请求到达和发出响应之间的时间延迟，而不是用于到达和发出的独立的时间戳，使用了更少的比特，并且从而使过程更加高效。收到请求和发出响应之间的典型的时间延迟通常小于 1 毫秒，这导致消息交换的总体

时间是几毫秒。

[0050] 与在本领域中已知的方法相比，在上面描述的网络中，为了确定设备之间的距离而发送的 PPDU 的数目减少了 1。然而，网络中节点的数目越多，发送的消息的数目就减少的越多。图 7 显示了包括控制器和 4 个节点 A-E 的网络，其中控制器和节点 C-E 在节点 B 的传输范围内。节点 C、D 和 E 窃听从节点 B 发送到控制器 A 的测距响应 22。设备 C、D 和 E 中的每一个都记录测距响应 22 的到达时间 T5、T8、T11，并且分别返回测距响应 24、37 和 38。测距响应分别包括测距响应 22 到达与发出测距响应 24、37 或 38 之间的时间延迟，或者它们包括到达和发出的时间戳。在接收所有测距响应 24、37 和 38 之后，节点 B 具有足够的信息来计算至节点 C、D 和 E 的距离。

[0051] 根据本发明所述的处理要求设备具有对期望用于另一设备的消息进行接收并处理的能力。ZigBee 设备只具有两种模式，即睡眠模式和活动模式。在睡眠模式中，节点只能扫描信标。通常，当另一个节点想要传输数据给睡眠模式中的节点时，信标被从网络协调器发送至在睡眠模式中的节点以指示节点变成活动模式。在活动模式中，节点扫描来自传输范围内的所有节点的消息。依照本发明的一个实施例，在睡眠模式中的传统过滤方法被修改以便除信标之外，节点还可以允许测距消息通过。

[0052] 参照图 8，显示了本发明被用于主 / 从网络这样一种情况。主 / 从网络中的从节点只可以直接地与主节点 / 协调器节点进行通信，网络中的所有节点都需要在协调器节点的传输范围内。因此，只能测量主节点和单个从节点之间的距离。然而，通过还能够测量网络中单个从节点之间的距离，可以获得更多关于节点的位置的信息。在图 8 所示的网络中，节点 A 是网络的主节点 / 协调器，而节点 B 和 C 是从节点。节点 A 在时间 T1 发送测距请求 21 给节点 B。节点 B 在时间 T2 收到该测距请求并在时间 T3 回发测距响应 22 给节点 A。测距响应 22 包括 T2 和 T3 的值。节点 B 还保存时间 T3 的值。节点 A 在时间 T4 收到测距响应 22 并且使用 T1、T2、T3 和 T4 来计算节点 A 和节点 B 之间的距离。节点 C 窃听测距响应 22 并且当响应 22 到达节点 C 时记录时间 T5。因为节点 C 和节点 B 都是从节点，所以节点 C 不能直接与节点 B 通信。节点 C 只被允许与主节点即节点 A 进行通信。因此，节点 C 发送响应 24 给节点 A 并且依靠节点 B 将进行窃听从而收到响应 24。因此，在主 / 从网络中，物理协议数据单元的格式与上面描述的网状网络具有相同的格式，除了响应 24 具有空白目的地址字段 32，因为只允许把响应发给主设备。在时间 T6 发出响应 24 并且响应 24 包括 T5 和 T6 的值。节点 B 窃听响应 24 并且记录响应在节点 B 的到达时间 T7。因此，节点 B 现在具有 T3、T5、T6 和 T7，并且可以由等式 5 得到节点 B 和节点 C 间的距离。因此，节点 B 和节点 C 之间的距离是可以得到的，尽管不允许节点间彼此直接地进行通信。响应 24 还在时间 T8 到达节点 A。在节点 A 已经发送了独立的测距请求给节点 A 的情况下，测距响应 24 可被误认为是对那个测距请求的响应。然而，通过在响应中包括事务标识符 34 来解决这个问题。节点 A 比较响应 24 的事务标识符 34 与来自节点 A 的测距请求的事务标识符，并且确定响应 24 的时间信息是否相关。

[0053] 通过交换测距请求 21、响应 22 和响应 24，节点 A 此刻知道至节点 B 的距离以及节点 B 知道至节点 C 的距离。在一个实施例中，节点 B 发送消息 39 至节点 A 以通知节点 A 关于节点 B 和节点 C 之间的距离，以便节点 A 可以存储关于网络中所有节点的位置的更新信息。而在传统方法中，只能得到节点 A 到节点 B 和节点 A 到节点 C 的距离，而本发明提供的

方法同时可以得到节点 B 至节点 C 的距离，最终获得关于网络的更多信息。

[0054] 在一种典型的 ZigBee 网络中，遵循 CSMA/CA（避免冲突的载波侦听多址访问）过程以便避免消息间的冲突并且试图与忙碌的节点进行通信。在试图使用忙碌的通信信道之前，所述过程简单地涉及节点等待被称为补偿 (back-off) 时间的预定时间。在设备 C 可以发送消息给节点 B 之前，节点 B 必须返回到接收模式。为了在 C 处的接收和发送消息之间的延迟不过长，节点 B 在结束与节点 A 的通信之后立即返回到接收模式，并且节点 C 的补偿时间被设置为较低的值。设备的数目越多，冲突避免算法使消息通过到达节点 B 所花费的时间就越长。然而，延迟对可以决定数据是否有效的节点 B 来说是很明显的。在一个实施例中，随机地选择每个设备的补偿值，并且在另一实施例中，可以赋予每个窃听设备具体的应答周期，即在它收到消息之后应当响应之前的设定时间。一种动态系统可根据节点中的电源级别来分配应答周期。例如，低电池的节点可被赋予早一些的应答周期。

[0055] 在主 / 从网络中，ZigBee 设备可使用超级帧结构来提供节点之间的通信。超级帧的标准由网络信标来限定，并且被分成 16 个同样大小的时隙，其中第一和最后帧是信标帧并且第 2 至第 15 帧用于想要通信的所有其它设备。主节点可使这些帧的一部分即所谓的保证时隙 (GTS) 专用于希望通信的设备。根据本发明，主节点可向设备 C 分配紧接在设备 B 所使用的时隙之后的时隙来发送响应以保持消息交换的整个时间周期尽可能短。

[0056] 图 9 说明了根据本发明的方法和装置如何应用在家庭的日常情况中。典型的房屋包括电子设备的范围。所述房屋可具有包括 ZigBee 设备 1 和包括设备 10b 的远程控制的高保真 (hi-fi) 系统。连接到高保真系统的设备 1 可以是网络协调器。房主可以已经把另一设备 10a 系到她的钥匙上并且在房屋中丢失了钥匙。钥匙、高保真系统和远程控制形成主 / 从网络。协调器存储网络中所有节点的相关信息。它还可以存储网络中每个节点的名字和使每个名字与 ZigBee 地址相关联的表格。与钥匙相关联的名字可以是 OWNER'SKEYS（业主的钥匙）。业主使用输入设备 8 和显示器 9 来查询网络关于他的钥匙。例如，他可以使用输入设备 8 输入“OWNER' S KEYS ？”。控制器将该输入理解为用于找到钥匙位置的指令并且据此发送测距请求 21 给钥匙。钥匙应答测距响应 22。同时，远程控制窃听测距响应 22 并且发送测距响应 24 给高保真系统。钥匙窃听测距响应 24，计算出钥匙和遥控设备的距离，并且发送包括钥匙和远程控制之间距离的值的消息 39 给高保真系统。最后，连接到高保真系统的设备 1 使用显示器 9 用如下形式把钥匙的位置显示给业主：‘The OWNER'S KEYS（业主的钥匙）距离高保真系统 4 米而距离远程控制 3 米’。

[0057] 在上面的例子中，由网络协调器启动测距过程。然而，对本领域技术人员显而易见的是，那个测距过程可以由网络中的任何节点进行启动。此外，窃听设备可以窃听在传输范围内的节点发送的任何消息，包括设备的测距请求，启动测距程序，只要启动设备在窃听设备的传输范围内。此外，在上述例子中，节点 C 和节点 B 之间的距离计算被描述为在节点 B 中执行。然而，举例来说，如果节点 B 是低功率的，那么它可以传输时间信息给协调器或网络中的任何其它节点来为它们计算距离。因此，节点 B 可以节约能耗。

[0058] 尽管在本申请中已经将权利要求系统地阐述为特定特征的组合，但是应当理解的是，本发明公开的范围还包括任何在这里明确地或暗含地或概括地公开的新的特征或任何新的特征的组合，而不管是否它涉及与任何权利要求当前所要求的相同发明以及是否它解决了与本发明部分或全部相同的技术问题。在本申请或任何由本申请派生的更进一步的申

请的进行期间，申请人据此通知，那些新的权利要求可以被阐述为所述特征和／或所述特征的组合。

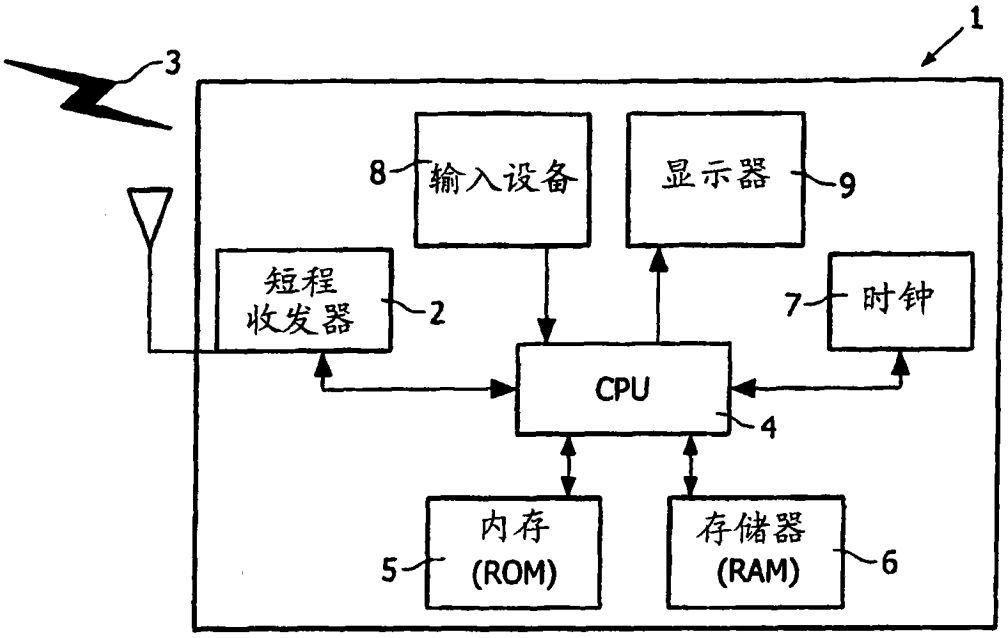

1
3
8
输入设备
显示器
9
短程
收发器
2
7
时钟
CPU
4
内存
(ROM)
5
存储器
(RAM)
6

图 1

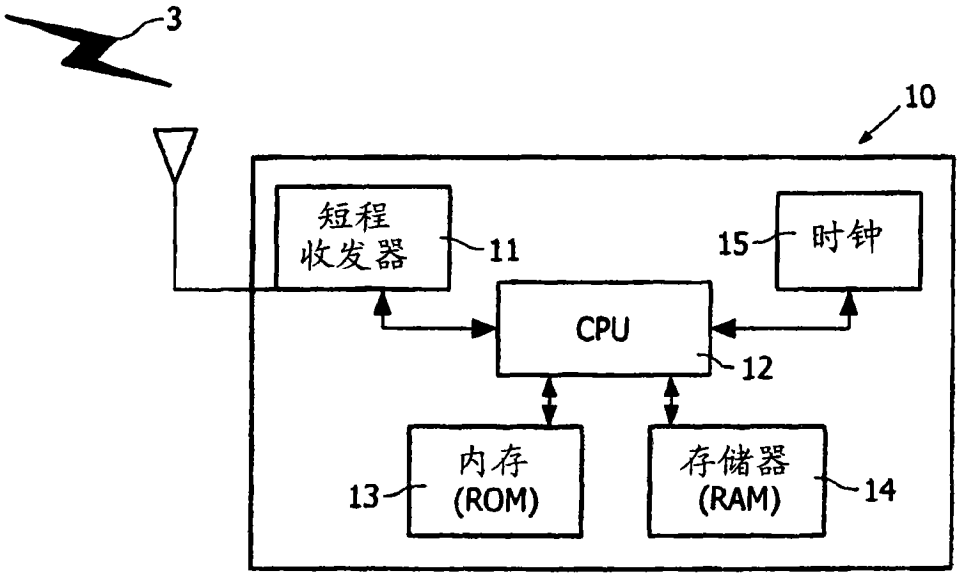

3
10
短程
收发器
11
15
时钟
CPU
12
内存
(ROM)
13
存储器
(RAM)
14

图 2

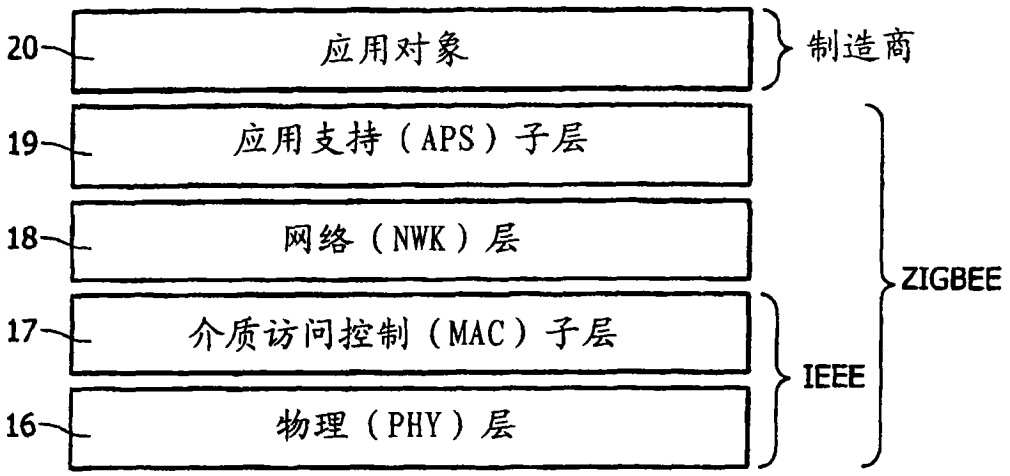

20
应用对象
制造商
19
应用支持（APS）子层
18
网络（NWK）层
ZIGBEE
17
介质访问控制（MAC）子层
IEEE
16
物理（PHY）层

图 3

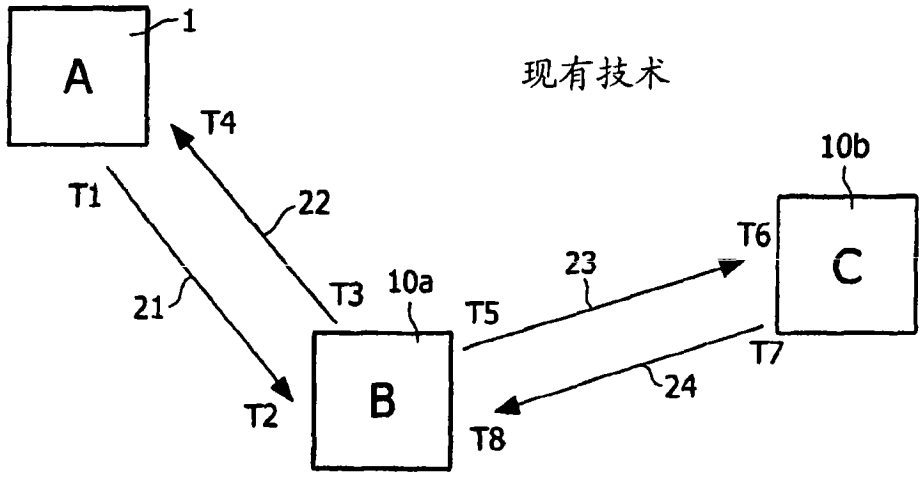

A
1
现有技术
T4
22
T1
21
T3
10a
T5
23
T6
10b
C
T7
24
T2
B
T8

图 4

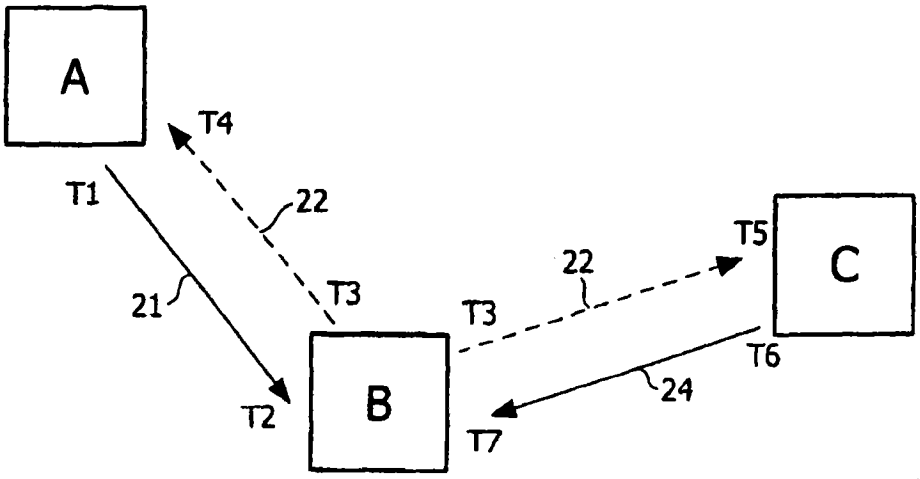


图 5

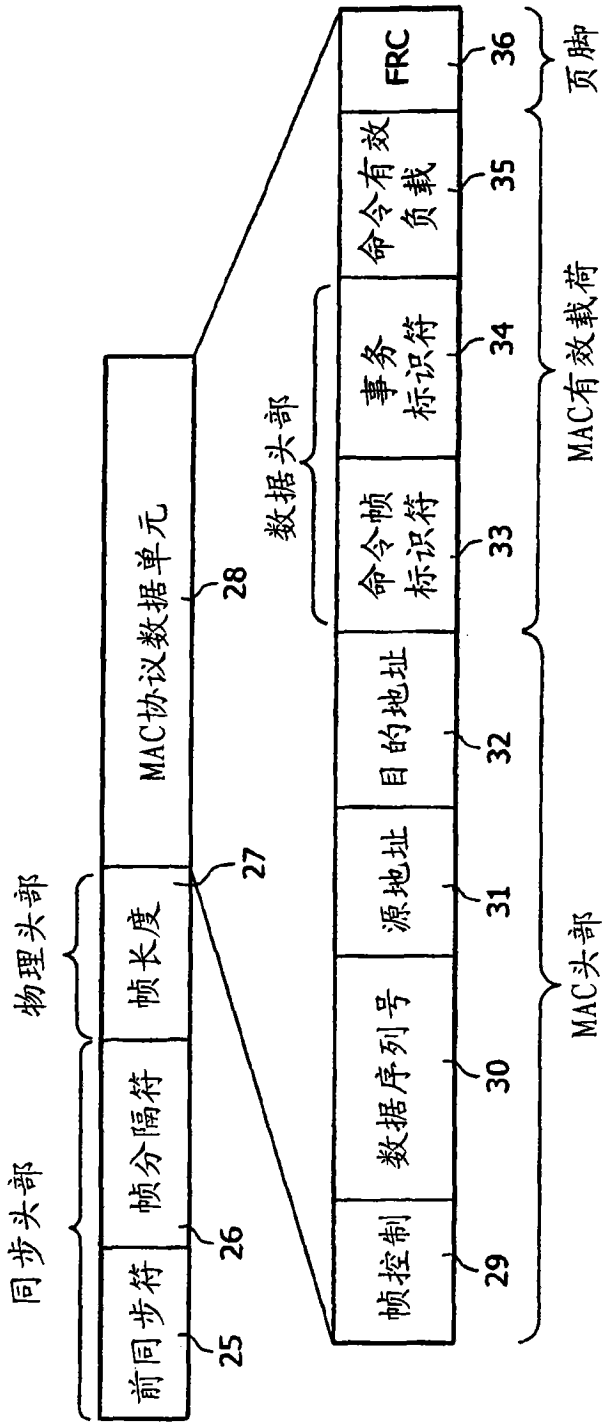

同步头部
物理头部
前同步符
帧分隔符
帧长度
MAC协议数据单元
25
26
27
28
数据头部
帧控制
数据序列号
源地址
目的地址
命令帧标识符
事务标识符
命令有效负载
FRC
29
30
31
32
33
34
35
36
MAC头部
MAC有效载荷
页脚

图 6

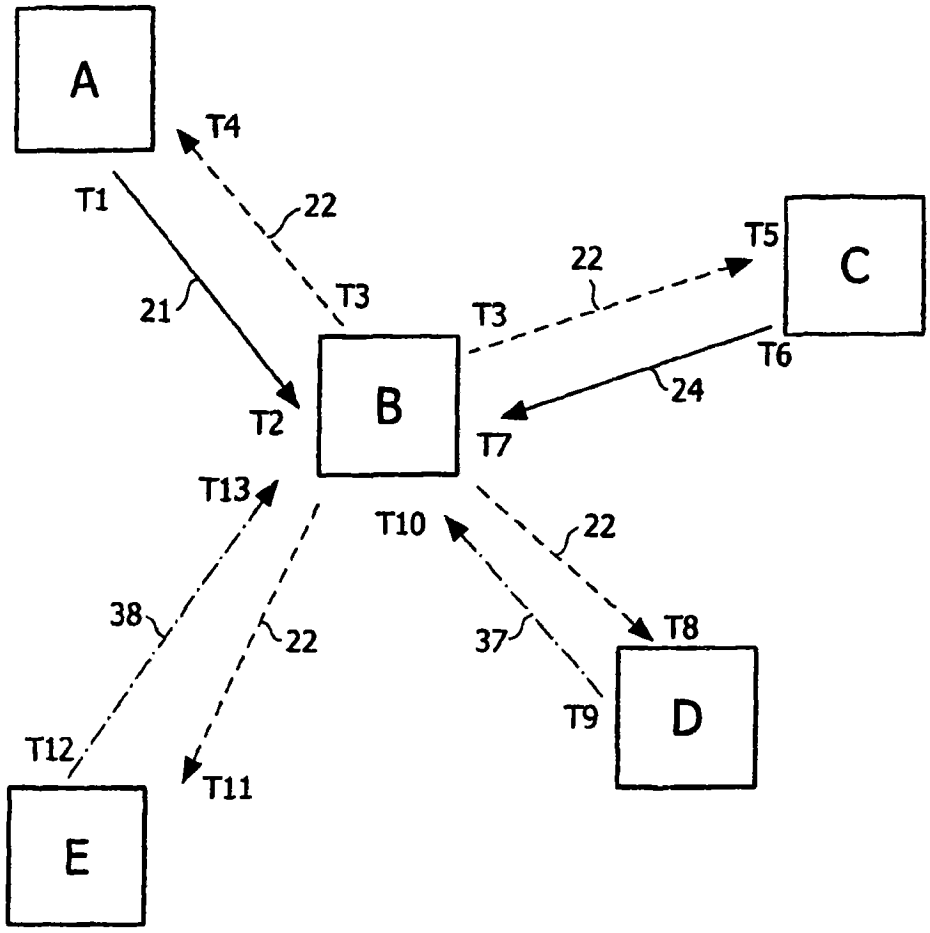

A
T4
T1
22
T3
21
T5
C
22
T3
T6
24
B
T2
T7
T13
T10
22
38
22
37
T8
T9
D
T12
T11
E

图 7

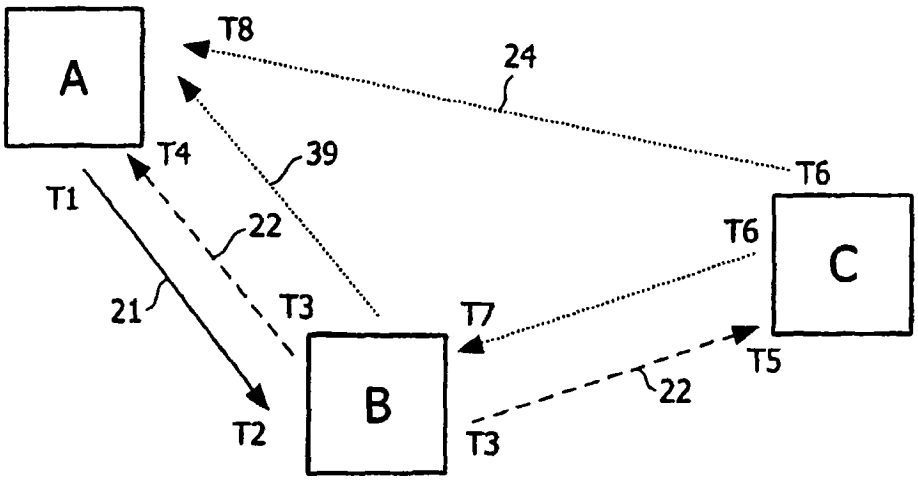

A
T8
24
T6
T4
39
T1
22
T6
C
21
T3
T7
T5
B
22
T2
T3

图 8

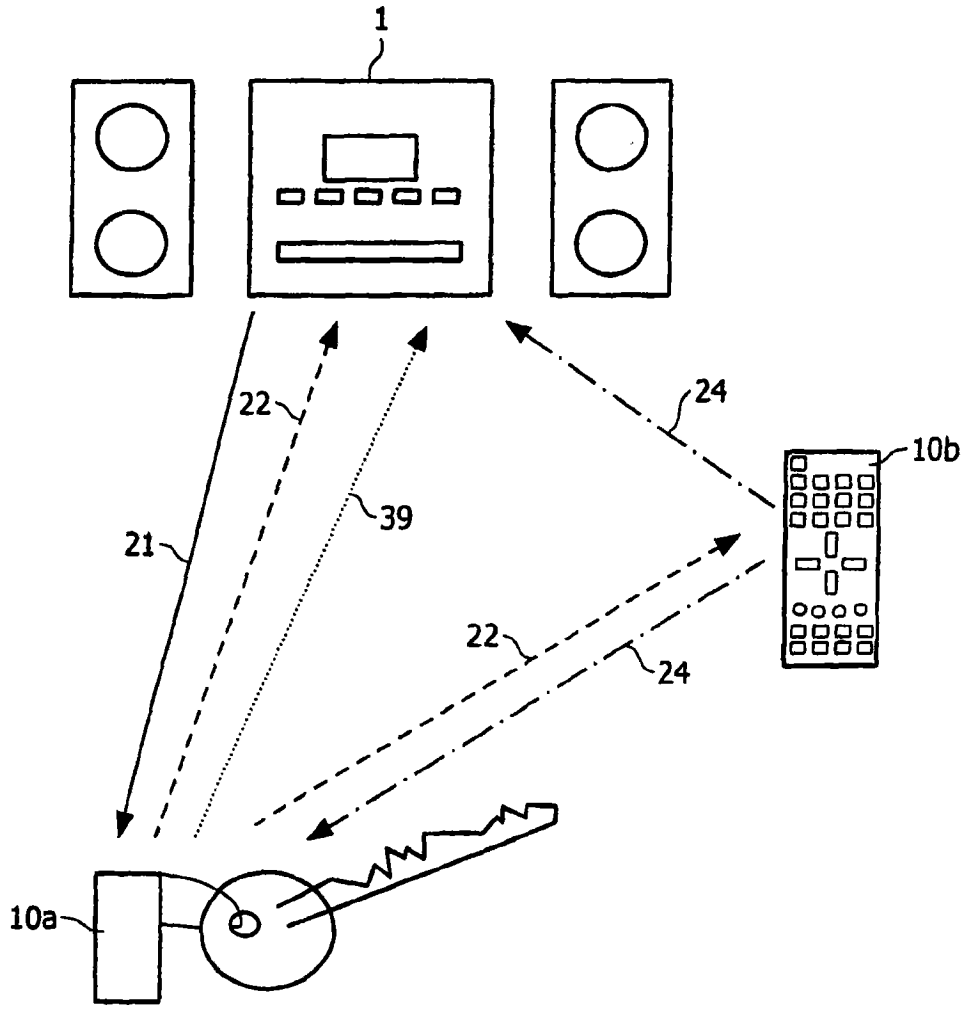


图 9