



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102148731 B

(45) 授权公告日 2013. 04. 03

(21) 申请号 201110037502. 8

(56) 对比文件

(22) 申请日 2011. 02. 14

CN 201690612 U, 2010. 12. 29,

CN 101945493 A, 2011. 01. 12,

(73) 专利权人 上海理滋芯片设计有限公司

US 2007025244 A1, 2007. 02. 01,

地址 201114 上海市闵行区新骏环路 189 号  
C307

审查员 郝政宇

(72) 发明人 邹黎 杨胜齐

(74) 专利代理机构 上海嘉和知识产权代理事务  
所(普通合伙) 31255

代理人 杨嘉和

(51) Int. Cl.

H04L 12/28(2006. 01)

H04W 84/18(2009. 01)

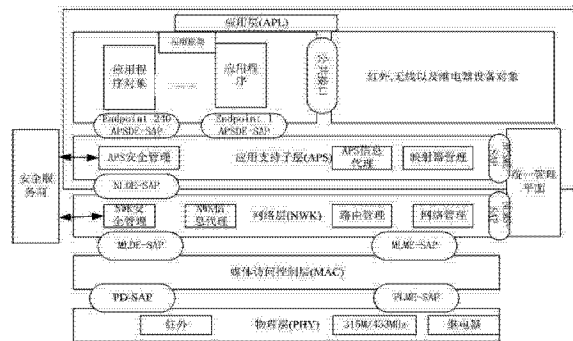
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 5 页

(54) 发明名称

智能家居系统及其中的终端设备

(57) 摘要

本发明涉及一种智能家居系统,其中有至少一个终端设备,该终端设备与通信网络中的协调设备和至少一个要控制的设备进行通信。所述终端设备包括:微处理器,学习来自于第一来源的信号,将学习后的第一来源的信号存储在存储模块中,并用学习后的第一来源的信号控制所述至少一个要控制的设备,所述微处理器在第一指定的时隙接收来自于所述协调设备的要控制所述至少一个要控制的设备的指令,并在第二指定的时隙内根据所述指令发送所述学习后的第一来源地信号给所述至少一个要控制的设备,存储模块,存储所述学习的第一来源的信号,该信号用来控制所述至少一个要控制的设备,信号接收模块,接收来自于所述第一来源的信号,信号发送模块,发送学习后的第一来源的信号到所述至少一个要控制的设备对它进行控制。



1. 一种终端设备,该终端设备与通信网络中的协调设备和至少一个要控制的设备进行通信,其特征在于所述终端设备包括:

微处理器,学习来自于第一来源的信号,将学习后的第一来源的信号存储在存储模块中,并用学习后的第一来源的信号控制所述至少一个要控制的设备,所述微处理器在第一指定的时隙接收来自于所述协调设备的要控制所述至少一个要控制的设备的指令,并在第二指定的时隙内根据所述指令发送所述学习后的第一来源的信号给所述至少一个要控制的设备,

存储模块,存储所述学习的第一来源的信号,该信号用来控制所述至少一个要控制的设备,

信号接收模块,接收来自于所述第一来源的信号,

信号发送模块,发送学习后的第一来源的信号到所述至少一个要控制的设备对它进行控制。

2. 根据权利要求 1 所述的终端设备,其特征在于,其中所述的终端设备和所述协调设备在 MAC 层之上根据 Zigbee 有关协议进行通信。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的终端设备,其特征在于,其中所述微处理器还接收来自所述协调设备定时发送的同步时间信息,以与其它终端设备进行同步。

4. 根据权利要求 1 或 2 的终端设备,其特征在于,其中所述的存储模块有分配给所述终端设备、所述协调设备以及所述至少一个要控制的设备的地址码和数据码,所述地址码包括全球唯一标识码和本地网络标识码,所述数据码是识别所述至少一个要控制的设备不同状态的代码。

5. 根据权利要求 4 所述的终端设备,其特征在于,其中所述的全球唯一标识码是 IEEE MAC 地址码,所述本地网络标识码是 16 位地址码,用于标识在本地网络中的设备,所述数据码是 4 位数据码,标识同一个短地址下的不同的数据节点。

6. 根据权利要求 5 所述的终端设备,其特征在于,其中所述的 16 位地址码,前 4 位标识具体地理上的位置信息,接着 2 位标识所述终端设备的类型,最后的 10 位地址码为无线类型的终端设备中的无线芯片的地址码、红外类型的终端设备中的存储模块中的地址码标识或者哪一路开关输入。

7. 一种智能家居系统,其特征在于其包括至少一个如权利要求 1 至 7 任意一项权利要求中所述的终端设备、协调设备和至少一个要控制的设备,其中所述协调设备发送指令给所述至少一个终端设备,使所述至少一个终端设备控制所述至少一个要控制的设备,并且所述协调设备给所述至少一个终端设备发送同步信号,使它们同步。

8. 根据权利要求 7 的智能家居系统,其中所述的智能家居系统在 MAC 层之上是遵循 Zigbee 协议进行工作的。

## 智能家居系统及其中的终端设备

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种智能家居系统及其中的终端设备。

### 背景技术

[0002] 智能家居主要是指,以住宅为平台,利用综合布线技术、网络通信技术、安全防范技术、自动控制技术、音视频技术,等等,将家居生活有关的设施集成在一起,构建高效的住宅设施与家庭日程事务的管理系统,提升家居的安全性、便利性、舒适性、艺术性,并实现环保节能的居住环境。智能家居系统包含的主要子系统有:家居布线系统、家庭网络系统、智能家居(中央)控制管理系统、家居照明控制系统、家庭安防系统、背景音乐系统、家庭影院与多媒体系统、家庭环境控制系统等八大系统。现有的智能家居主要是由智能家居(中央)控制管理系统与另外七个系统中一个或多个构成,而这七个系统都分别只与中央控制系统联络,是一个星型结构。这种星型结构的缺点是,扩展性不好,无法自动识别新入网的设备,也无法实时得知已离开网络的设备。于是智能家居中还有一类为无线智能家居系统,主要为 ZigBee 的智能家庭网络, WiFi 的家庭网络。

[0003] ZigBee 技术是主要应用于自动控制的一种近距离、低复杂度、低功耗、低数据速率、低成本的双向无线通信技术。它主要工作在无须注册的 2.4GHz ISM (Industrial Scientific Medical) 频段,和 868MHz 频段。总共分配了 27 个具有 3 种速率的信道:在 2.4 GHz 频段有 16 个速率为 250kb/s 的信道,在 915 MHz 频段有 10 个 40 kb/s 的信道,在 868 MHz 频段有 1 个 20 kb/s 的信道。这些信道的中心频率按如下定义(k 为信道数):

[0004]  $F_c=868.3\text{MHz}, (k=0)$

[0005]  $F_c=906\text{MHz}+2(k-1)\text{MHz}, (k=1,2,\dots,10)$

[0006]  $F_c=2405\text{MHz}+5(k-11)\text{MHz}, (k=11,12,\dots,26)$

[0007] 一个 IEEE802.15.4 可以根据 ISM 频段、可用性、拥挤状况和数据速率在 27 个信道中选择一个工作信道。

[0008] 在组网方式上, ZigBee 技术主要采用了三种组网方式,星型网、对等网及混合网。在 Zigbee 组网系统中主要有三种设备:协调器(Co-ordinator),它是启动和配置网络的一种设备,是网络的中心节点,一个网络只允许有一个协调器;路由器(Router),是一种支持关联的设备,能够将消息转发到其他设备,树型网络可以有多个路由器,星型网络不支持路由器;终端设备(End Device),执行具体功能的设备。这三种设备可根据功能完整性分为全功能设备(FFD)和半功能设备(RFD)。其中,全功能设备可作为协调器,路由器或终端设备,而半功能设备只能作为终端设备。一个 FFD 可与多个 RFD 或多个其他的 FFD 通信,而一个 RFD 只能与一个 FFD 通信。例如,终端设备仅与其母节点(PAN 协调器或路由器)进行通信。这些终端设备的功能相对较少,因为它们不需要路由功能。精简功能设备(RFD)的一个优点就是栈尺寸明显要小很多。因此,程序闪存、数据存储 RAM 以及闪存要求也大大降低。这就使得通常是 ZigBee 节点主要组成部分的 RFD 颇具成本优势。RFD 特别适用于超低耗设计,因为在大部分时间里可以将微控制器和 RF 收发器关闭。一个具有路由功能的设备需要

始终谨记,其必须要接收一个数据包。

[0009] 虽然 Zigbee 这类的智能家居系统应用了自组织网络技术,实现设备之间的自组多跳传输,使得网络更加的灵活,可靠。但是这类系统成本高,需要对现有的每个家庭设备增加对应的发射接收装置,而且高频信号有辐射。

### 发明内容

[0010] 本发明提出了一个新的智能家居系统,该智能家居系统的组成主要为本发明新的终端、路由器与协调器。智能网络的拓扑结构可以是星状网或者树型网。本发明的新终端集成有红外遥控设备、继电器控制的设备,等等。再者,本发明基于提出新的无线终端,创新地加入 NTP (Network time protocol) MAC 层协议,不是采用现有无线智能网络中的 CSMA 协议,而是采用 TDMA 协议,其上层协议为修改后的 ZigBee 的上层协议,充分利用了现有商用协议的安全管理,网络拓扑扩展管理的优点,又避免了物理成本高的缺点。

[0011] 具体地,本发明在一个方面提供一种终端设备,该终端设备与通信网络中的协调设备和至少一个要控制的设备进行通信。所述终端设备包括:微处理器,学习来自于第一来源的信号,将学习后的第一来源的信号存储在存储模块中,并用学习后的第一来源的信号控制所述至少一个要控制的设备,所述微处理器在第一指定的时隙接收来自于所述协调设备的要控制所述至少一个要控制的设备的指令,并在第二指定的时隙内根据所述指令发送所述学习后的第一来源地信号给所述至少一个要控制的设备,存储模块,存储所述学习的第一来源的信号,该信号用来控制所述至少一个要控制的设备,信号接收模块,接收来自于所述第一来源的信号,信号发送模块,发送学习后的第一来源的信号到所述至少一个要控制的设备对它进行控制。

[0012] 所述的终端设备和所述协调设备在 MAC 层之上根据 Zigbee 有关协议进行通信。

[0013] 所述微处理器还接收来自所述协调设备定时发送的同步时间信息,以与其它终端设备进行同步。

[0014] 所述外部信号学习模块包括红外信号学习模块、无线信号学习模块中的任意组合。

[0015] 所述的存储器存储有分配给所述终端设备、所述协调设备以及所述至少一个要控制的设备的地址码和数据码,所述地址码包括全球唯一标识码和本地网络标识码,所述数据码是识别所述至少一个要控制的设备不同状态的代码。

[0016] 所述的全球唯一标识码是 IEEE MAC 地址码,所述本地网络标识码是 16 位地址码,用于标识在本地网络中的设备,所述数据码是 4 位数据码,标识同一个短地址下的不同的数据节点。

[0017] 所述的 16 位地址码,前 4 位标识具体地理上的位置信息,接着 2 位标识所述终端设备的类型,最后的 10 位地址码为无线类型的终端设备中的无线芯片的地址码、红外类型的终端设备中的存储器中的地址码标识或者哪一路开关输入。

[0018] 本发明在另一个方面提供一种智能家居系统,其包括至少一个如前所述的终端设备、协调设备和至少一个要控制的设备,其中所述协调设备发送指令给所述至少一个终端设备,使所述至少一个终端设备控制所述至少一个要控制的设备,并且所述协调设备给所述至少一个终端设备发送同步信号,使它们同步。

[0019] 其中所述的智能家居系统在 MAC 层之上是遵循 Zigbee 协议进行工作的。

[0020] 本发明是提出一个新的智能家居系统的设计。通过这个系统,可以有效地将家里所有电器管理在一个统一的平台上,这样用户可以通过手机,控制面板,有网络接口的电脑管理家里的所有电器,并且这些电器也可以根据用户的设置,自动运行。其优点在于。

[0021] 1. 对现有电器的改动很小,红外遥控的设备与继电器控制的设备可直接支持,无线遥控的设备只需要支持 PT2262/PT2272 编解码协议,即使不是无线遥控的设备,通过加上简单的成本低的发射接收装置就可以支持。

[0022] 2. 新电器的加入智能化,可自动被检测到。

[0023] 3. 不仅系统的控制可远程进行,软件的升级也可远程进行。

[0024] 4. 系统支持的电器可无限扩容,这是目前星型控制器系统所不能支持的。

### 附图说明

[0025] 下面结合附图对本发明的智能家居系统作进一步详细描述。

[0026] 图 1 是根据本发明的智能家居系统网络的星型拓扑结构。

[0027] 图 2 是根据本发明的智能家居系统网络的树型拓扑结构。

[0028] 图 3 是根据 本发明智能家居系统的各层示意图。

[0029] 图 4 是根据本发明的智能家庭网络中的终端的示意图。

[0030] 图 5 (a) 所示为根据本发明的红外指令学习过程流程图示意图。

[0031] 图 5 (b) 所示为根据本发明的无线控制指令学习过程流程图示意图。

[0032] 图 5 (c) 所示为根据本发明的微处理器控制过程流程图。

### 具体实施例

[0033] 下文的描述先从本发明的智能家居系统的网络构成与拓扑结构开始,再介绍其协议,最后介绍每层协议的特点。

[0034] 本发明的智能家居系统含三种硬件类型:无线终端、路由器与协调器。

[0035] 这三种硬件可以构成的智能家居的网络拓扑结构例如为星型拓扑结构,如图 1 所示;或者例如为树型拓扑结构,如图 2 所示。图 1 和图 2 仅作为示例,并不对本发明造成任何限制。

[0036] 在图 1 的星型结构中,可以没有路由器,但任意两个终端之间的通信必须经过协调器,协调器在一个网络中只能有一个。

[0037] 在图 2 的树型结构中,路由器与协调器可以有自己的子节点,例如,路由器或者终端。在一个网络中,协调器只能有一个,路由器可以有多个。终端之间的通信可以通过路由器或协调器进行,最短路径是通明且是唯一的。

[0038] 在建立网络时,根据 Zigbee 协议,协调器节点启动,根据定义的搜索频道 (DDEFAULT\_CHANLIST) 和 PID (DZDAPP\_CONFIG\_PAN\_ID) 建立网络;如果 PID 定义为 0xFFFF,则随机产生 PID。路由节点和终端节点启动后,搜索指定的 PID (DZDAPP\_CONFIG\_PAN\_ID) 网络,并加入网络。如果 PID 定义为 0xFFFF,则可加入其他网络。本领域技术人员可以根据本发明的教导结合现有技术实现这部分,因此不再赘述。

[0039] 图 3 所示为本发明智能家居系统的各层示意图。图 4 是根据本发明的智能家庭网

络中的终端的示意图。

[0040] 如图 3 所示,本发明的智能家居系统包括物理层、MAC 层和 MAC 层以上的层。

[0041] 首先,物理层有三种设备,终端 10、协调器 20 与路由器 30 (参考图 1 和图 2) (如前所述,路由器 30 不是必需的,例如在星型网络中可以没有路由器)。路由器 30 例如可以为普通的路由器,协调器 20 例如可以为电脑或者是含一个微处理器的电路板构成。关于协调器的具体的流程将在后面介绍。协调器 20 传输的指令例如可以为发射红外信号、发射无线信号等等,协调器的输入来自用户通过控制面板的输入、用户通过网口输入的或用户通过开关电路的输入,即,例如,用户可以通过一个软件界面输入控制信息。协调器 20 是整个智能家居系统的中心控制单元,它收集了各模块所有的信息,并根据这些信息用广播的方式发送具体的指令,由于本发明的智能家居系统的拓扑结构是多级结构,各级之间是靠路由器维持之间的相互位置信息,所以当路由器 30 收到协调器 20 发来的指令,根据指令中的地址信息决定是否属于本级子网的,如果是本级子网指令信息,再发送到下一级,该下一级可以为其它路由器或终端 10。同时路由器 30 也转发来自终端 10 的信息,发送到协调器 20。部分终端 10 也可以不需要通过路由器 30,直接挂在协调器 20 下,与协调器 20 直接通信,受协调器 20 的直接管理。

[0042] 图 4 所示为根据本发明的终端 10 的示意图。终端 10 可以认为是一个电路板,主要包含四个模块或者电路:红外电路 11、无线电路 12、开关电路(也称继电器控制) 13 与微处理器部分 14。红外电路 11 主要包括调制电路 110,接收电路 111 与发射电路 112。红外电路 11 与微处理器 14 一起工作可以实现可学习的红外遥控电路设计,也就是说终端 10 可以通过学习的方式学习任意一种红外信号,并通过微处理器 14 来控制红外发射电路 112 输出红外信号。无线电路 12 主要包括无线接收电路 120、解调电路 121、解码电路 122、编码电路 123、调制电路 124、和无线发射电路 125。无线电路 12 与微处理器 14 一起工作可以实现可学习的无线遥控电路设计,例如,频率为 315MHz 或 433MHz,该频率是开放的,目前家用小控制设备大多是这个频率,也就是说终端 10 可以通过学习的方式学习 PT2262 编码的频率为 315MHz 或 433MHz 无线信号,并通过微处理器 14 来控制无线发射电路 112 来输出无线信号。当然,根据此处的启示,终端 10 还可以学习其它频率的无线信号。

[0043] 开关电路 13 的输入与输出部分就比较简单,微处理器 14 可检测开关电路 13 输入部分的变化,开关电路的输入例如是由用户手动操作的。然后输出控制信号,控制信号可以为开关电路 13 的接通或断开,也可以是红外控制信号,或是无线控制信号。这里可认为是接了个传感器,如果感知到信号,比如漏气,有人通过,等等,这些传感器电路会产生一种开合或关闭的信号,所以微处理器要做的事是检测到这种突发的开合或关闭信号,就去控制其它电器,产生应急措施。

[0044] 网口 16 与微处理器 14 相连,主要是从协调器 20 获取信息或向其分发信息。

[0045] 本发明智能家居系统的物理层的工作流程主要有三种:红外指令学习过程,无线控制指令学习过程以及微处理器控制过程。图 5 (a)所示为根据本发明的红外指令学习过程流程图;图 5 (b)所示为根据本发明的无线控制指令学习过程流程图;图 5 (c)所示为根据本发明的微处理器控制过程流程图。

[0046] 如图 5 (a)所示,在步骤 501 中,终端的微处理器 14 从网口 16 接收学习红外信号的指令,该指令例如是微处理器发出的学习电视开的红外遥控信号。在步骤 502 中,微处理

器 14 等待外界的红外遥控器发射红外信号,该信号例如是电视或者空调的遥控器发射的红外信号。在步骤 503 中,终端的微处理器接收到红外信号。在步骤 504 中,准备读取接收到的红外线编码,并通过微处理器 14 进行存储,该过程是红外线学习的主要部分。最后在步骤 505 中完成红外线的学习。通过学习需要用红外线进行控制的各电子设备的遥控信号,使得本发明终端可以使用学习的红外信号来控制所述各电子设备。

[0047] 在图 5 (b) 中,在步骤 506,终端的微处理器等待外界的无线遥控器发射的要学习的无线信号。在步骤 507 中,微处理器从网口接收要学习的无线发送信号的指令。然后在步骤 508 中,根据指令在存储器中寻找对应的地址的数据码。再在步骤 509 中,根据地址数据码发送无线信号。存储器是和微处理器在一起的。这里定义的无线信号本身就含有要控制的电器的地址码与数据码,所以根据收到的无线信号就可以判断对应的地址码和数据码。对无线遥控的指令的学习在步骤 510 中结束。

[0048] 在图 5 (c) 中,在图 511 中,终端 10 中的处理器等待协调器 20 从网口发来的控制指令,该控制指令为无线指令。同时终端 10 还在等待从开关电路发来的控制指令,见步骤 512。在步骤 513 中,微处理器接收到其中的一个指令。然后在步骤 514 中根据所接收的指令判断它要执行的操作。再接着根据所述指令进行相关的操作。最后在步骤 516 中整个控制过程结束。

[0049] 上述图 5 (a)、(b) 和 (c) 仅是用于示例本发明的红外、无线控制指令学习过程和微处理器控制过程,根据本发明的教导,本领域技术人员会容易地得出其它的改动和变形,等等,这些都应当包含在本发明的范围内。

[0050] 从物理层的介绍可以看出,上层协议主要是微处理器 14 通过网口 16 与上层协议通信。协调器 20 与路由器 30 本来就含网口,所以它们之间的通信只需要清晰定义上层协议就可以。下面由下往上开始介绍上层协议。

[0051] 1、MAC 层

[0052] 本发明在 MAC 层用 TDMA (时分多址) 通信。就是在同一个节点下(可为协调器 20 或为路由器 30) 的每个终端 10 按照指定的时隙发送或接收指令。比如说指令格式为:[发送/接收指令+目的地址+状态指令(例如开启)。而时间同步问题可以通过传统的 NTP (network time protocol) 协议完成,由协调器 20 定时通过广播或组播方式向终端 10 发送时间信息,通信协议例如为 UDP 协议。终端 10 作为接收端,使用识别 (Authentication) 机制,检查它所接收的对时信息是否是真正来自所宣称的服务器(即,协调器 20),并检查资料的返回路径,以提供对抗干扰的保护机制。

[0053] 2、MAC 以上的上层协议。

[0054] A) 协议栈由一组子层构成,每层为其上层提供一组特定的服务:一个数据实体提供数据传输服务;一个管理实体提供全部其他服务。每个服务实体通过一个服务接入点 (SAP) 为其上层提供服务接口,并且每个 SAP 提供了一系列的基本服务指令来完成相应的功能。

[0055] B) 终端 10、路由器 20 与协调器 30 在工作时,各种不同的任务在不同的层次上执行,通过层的服务,完成所要执行的任务。每层的服务主要完成 2 种功能:一种功能是根据他的下层服务要求,为上层提供相应的服务;另一种功能是根据上层的服务要求,对他的下层提供相应的服务。各层服务通过服务原语来实现。

[0056] C)如图 3 所示,上层协议栈的体系结构包括应用层与网络层。ZigBee 联盟提供了网络层和应用层(APL)框架的设计。我们这里参照了 ZigBee 的定义,利用其对安全管理与网络拓扑管理的优势,本发明在其中应用层的框架包括了应用支持子层(APS)和设备对象。

[0057] 3、其协议栈相对 ZigBee 协议来说,不仅修改了其 PHY,MAC 层,而且针对本发明系统的终端 10 中红外设备以及开关设备无数据地址码特点,路由器也无数据地址码特点,修改了其协议栈中的路由管理和映射器管理。

[0058] 本发明的智能家居系统中的每个设备节点都包括以下的三种代码。

[0059] 1. IEEE MAC 地址码:

[0060] 这是一种 64 位的地址,这个地址由 IEEE 组织进行分配,用于唯一的标识设备,全球没有任何两个设备具有相同的 MAC 地址。由于本领域技术人员可以参照此处的教导实现这个地址,因此对于这个地址将不再赘述。

[0061] 2. 16 位地址码:

[0062] 16 位数据地址码用于在本地网络中标识设备,和在网络中发送数据,也称为短地址。所以如果是处于不同的网络中有可能具有相同的短地址。当一个节点加入网络的时候将由它的父节点给它分配短地址。协调器的短地址是 0。

[0063] 3. 4 位数据码:

[0064] 4 位数据码用于标识同一个短地址下不同的数据节点,可用于识别同一设备的不同状态,例如开启或关闭或增加温度等状态。

[0065] 也就是说,除了 IEEE MAC 地址的 64 位地址码之外,本发明智能家居系统中的每个设备主要包括 16 位地址码和 4 位数据码(共 20 位)。16 位地址码前 4 位标识具体地理上的区间位置信息。接着的 2 位标识为红外、无线或开关电路设备。后面的 10 位为地址码,如果是无线设备就直接为 PT2262/PT2272 芯片中的地址码信息,如果是红外设备,后 10 位为存储器件中的地址码标识,如果是开关电路,后面 10 位分别表示从哪一路输入。4 位数据码用于标识需要执行的动作,比如开启、关闭、增加、减少等等。这样在路由管理、映射管理时,原来 ZigBee 协议的两层地址管理变成了类似三层地址管理(IEEE MAC 地址、16 位数据地址码、4 位数据码)。这样的地址数据的一个示例格式例如为 0001011110000000001,它表示 1 号区间(0001)的无线设备(01),其地址码为(1110000000),要求执行关闭操作(0001)。

[0066] 本发明提出了一种新的智能家居系统。通过这个系统,可以有效地将家里所有电器管理在一个统一的平台上,这样用户可以通过手机,控制面板,有网络接口的电脑管理家里的所有电器,并且这些电器也可以根据用户的设置,自动运行。本发明的智能家居系统的优点在于。

[0067] 1. 对现有电器的改动很小,红外遥控的设备与继电器控制的设备可直接支持,无线遥控的设备只需要支持 PT2262/PT2272 编解码协议,即使不是无线遥控的设备,通过加上简单的成本低的发射接收装置就可以支持。

[0068] 2. 新电器的加入智能化,可以自动检测到新电器的加入。

[0069] 3. 不仅可以远程进行系统的控制,也可以远程进行软件的升级。

[0070] 4. 系统支持的电器可无限扩容,这是目前星型控制器系统所不能支持的。



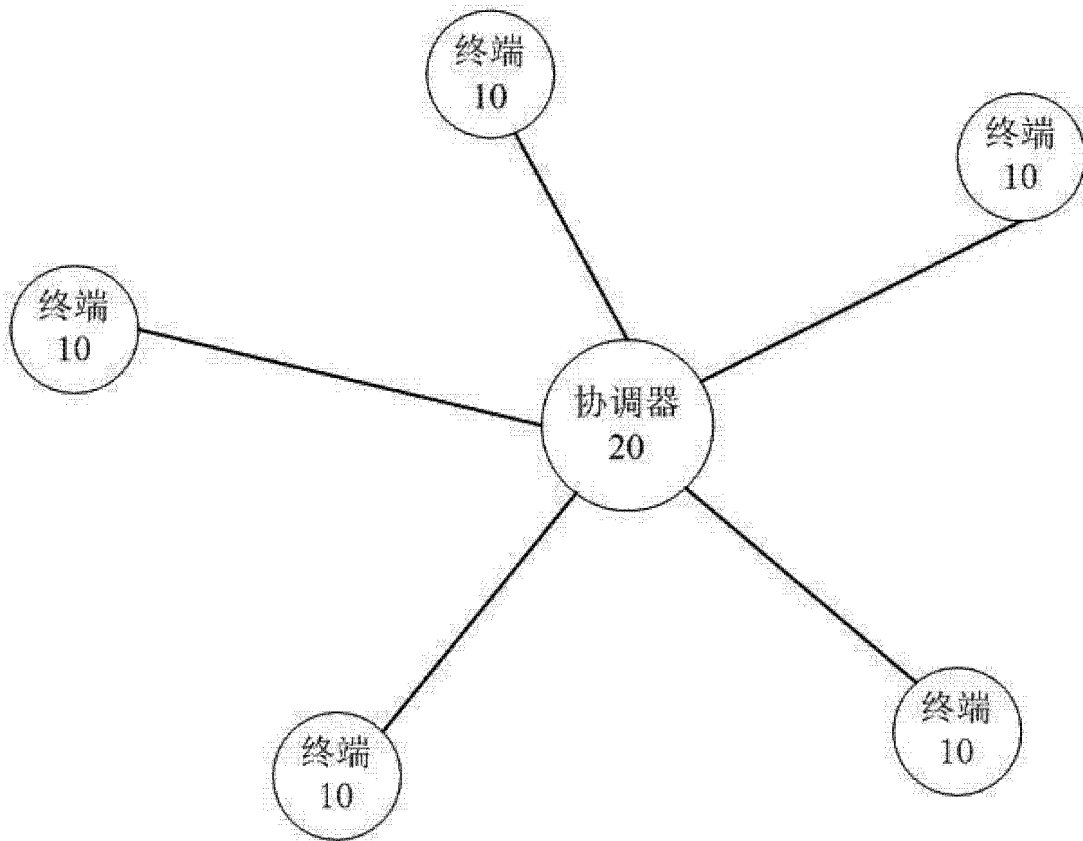


图 1

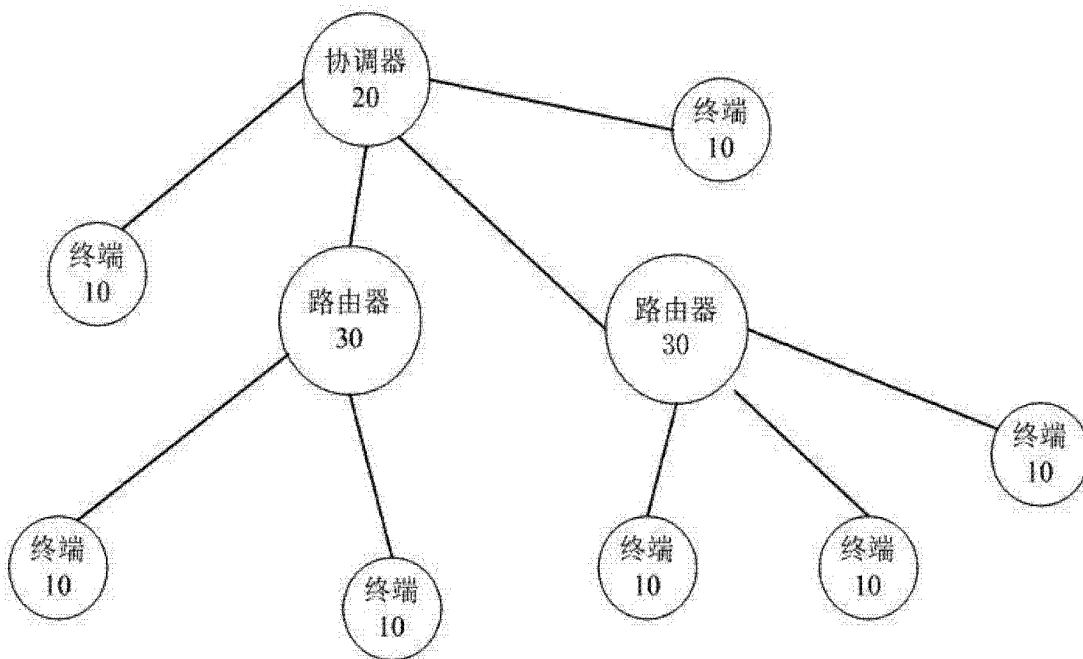


图 2

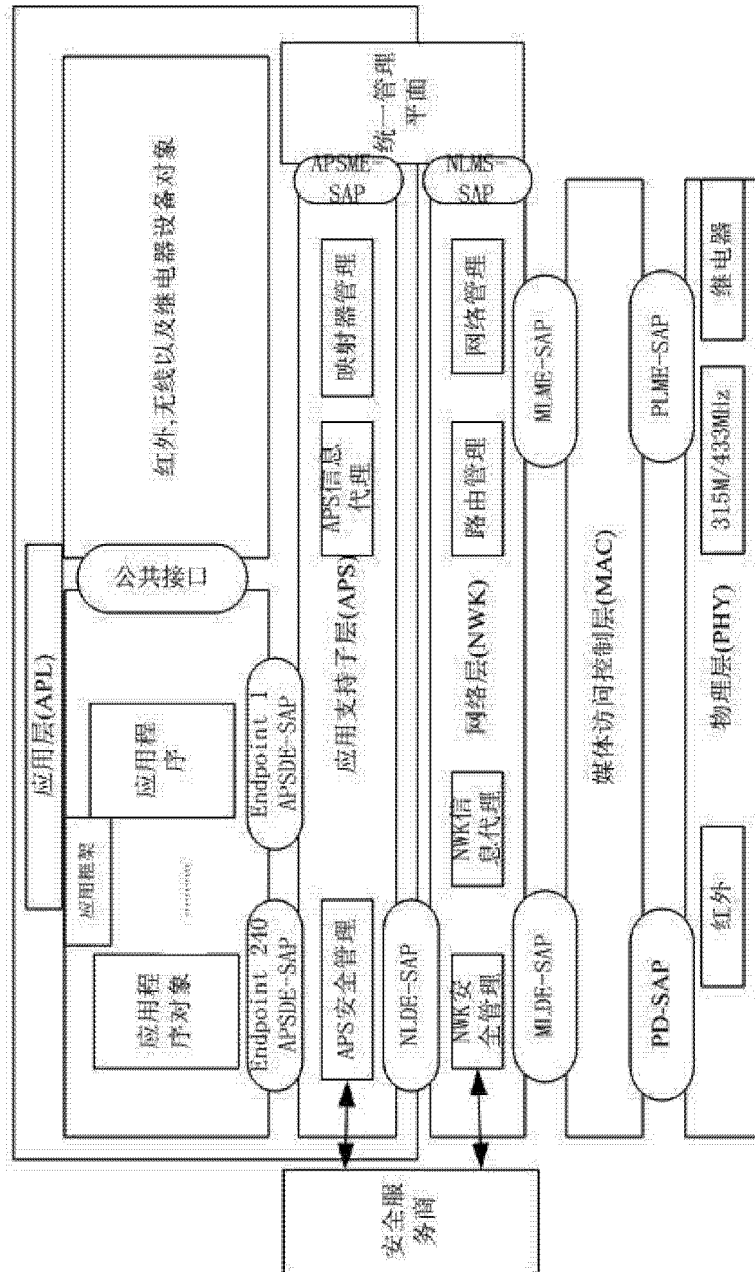


图 3

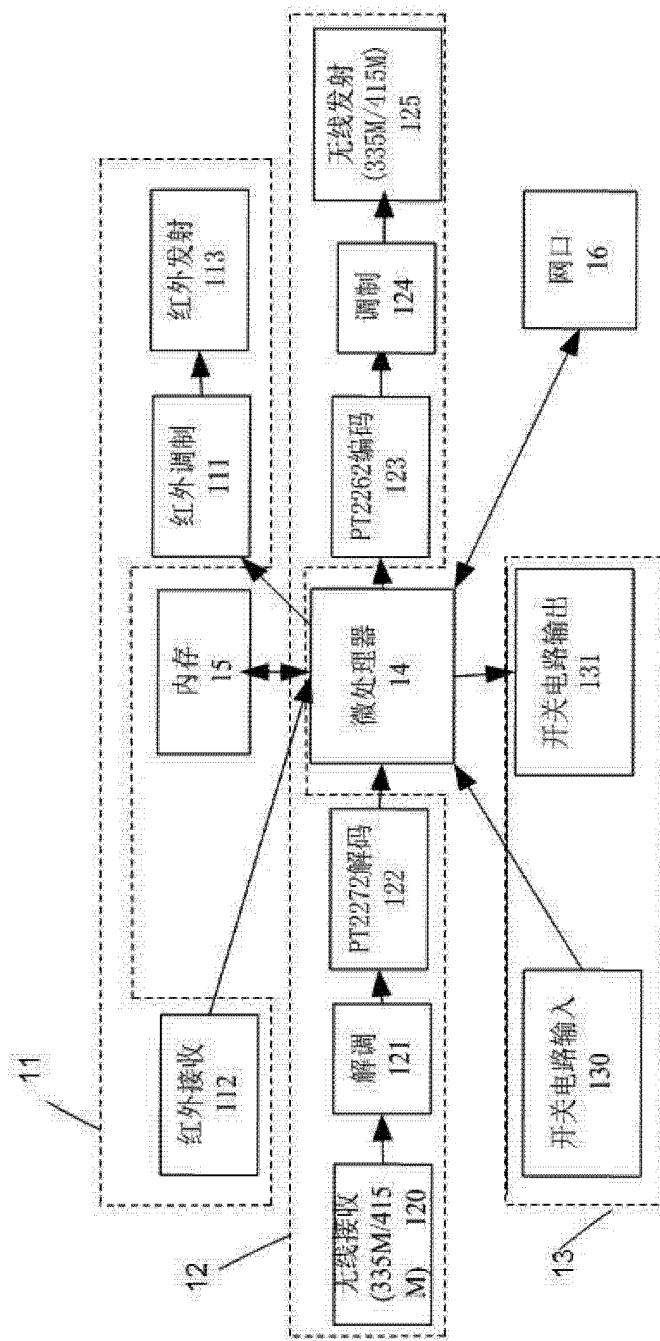


图 4

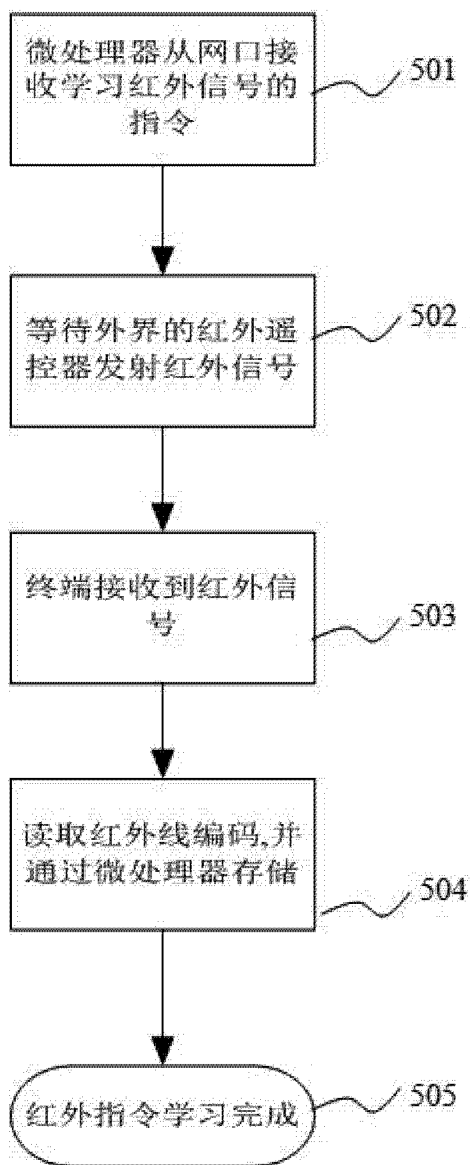


图 5 (a)

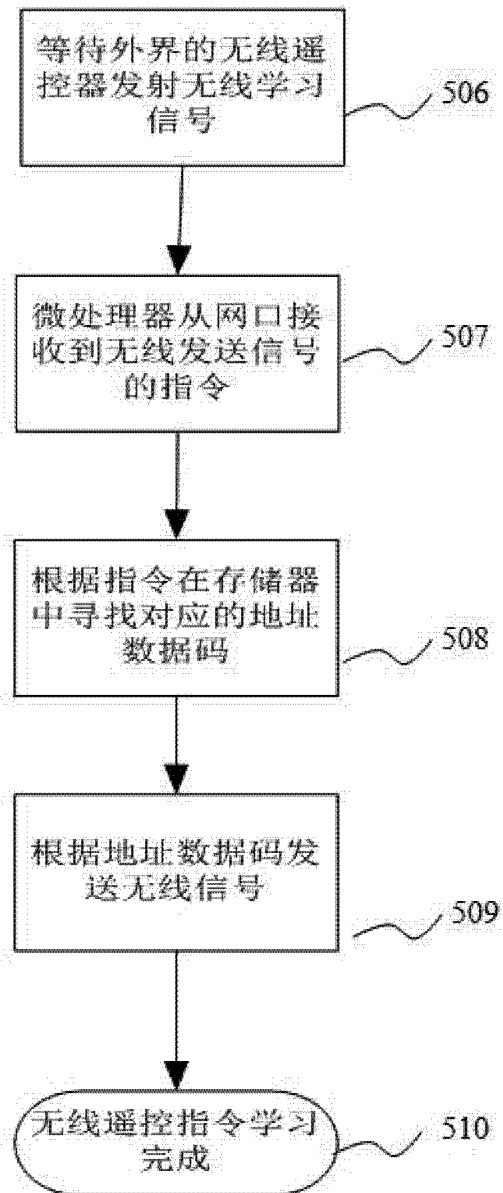


图 5 (b)

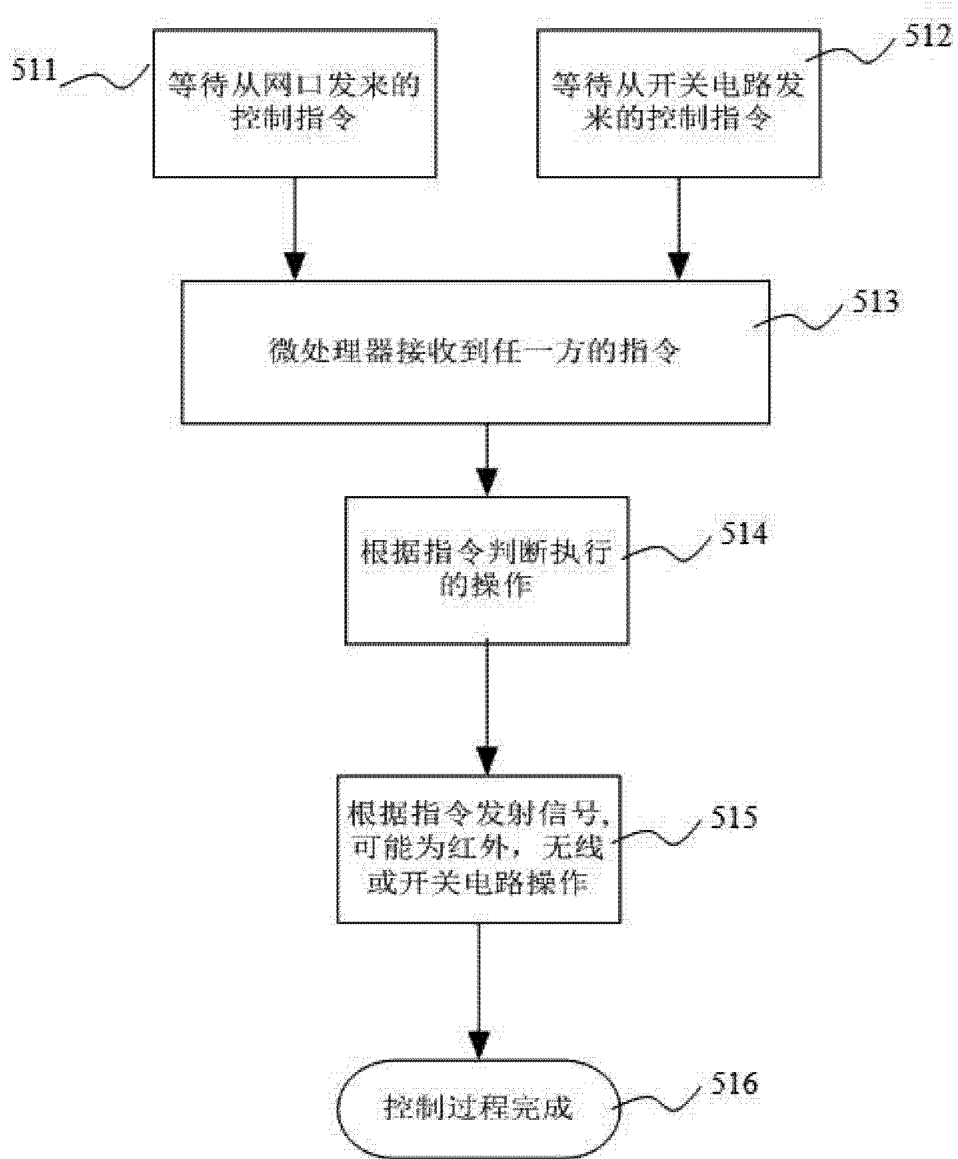


图 5 (c)