



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102934462 A

(43) 申请公布日 2013. 02. 13

(21) 申请号 201180028133. 4

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2011. 06. 27

H04Q 9/00 (2006. 01)

G01R 21/00 (2006. 01)

(30) 优先权数据

1010728. 2 2010. 06. 25 GB

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012. 12. 07

(86) PCT申请的申请数据

PCT/GB2011/051210 2011. 06. 27

(87) PCT申请的公布数据

W02011/161477 EN 2011. 12. 29

(71) 申请人 恩莫杜斯有限公司

地址 英国蒙茅斯郡

(72) 发明人 菲利普·扬格

安德鲁·詹姆斯·希顿

(74) 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理

有限公司 11262

代理人 周靖 郑霞

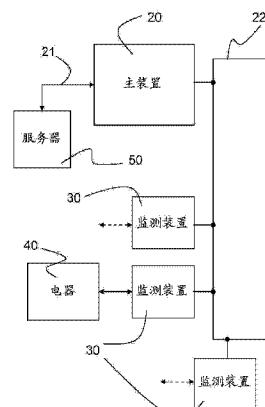
权利要求书 2 页 说明书 20 页 附图 5 页

(54) 发明名称

功率消耗的量化监测

(57) 摘要

一种功率消耗监测装置，其用于测量由电器消耗的功率。该装置可连接到电源电路，且可操作来通过所述电路将测量结果传输到主装置。该装置适合于：测量由电器在一系列时间间隔的每一个中消耗的能量，并保持所得到的能量测量结果的第一累加总和；将表示累加总和的第一量化值周期性地传输到主装置；以及从累加总和中减去传输的量化值。



1. 一种功率消耗监测装置,其用于测量由电器消耗的功率,
所述装置可连接到电源电路,且可操作来通过所述电路将测量结果传输到主装置,
其中所述装置适合于:
测量由所述电器在一系列时间间隔的每一个中消耗的能量,并保持所得到的能量测量
结果的第一累加总和;
将表示所述累加总和的第一量化值周期性地传输到所述主装置;以及
从所述累加总和中减去所传输的量化值。
2. 根据权利要求 1 所述的功率消耗监测装置,其中用于产生所述第一量化值的量化是非均匀的。
3. 如权利要求 2 所述的功率消耗监测装置,其中所述量化包括浮点量化。
4. 如权利要求 1 至 3 中任一项所述的功率消耗监测装置,其中所述装置还适合于:
保持所述能量测量结果的第二累加总和;以及
将所述第二累加总和的值间歇地传输到所述主装置。
5. 如权利要求 4 所述的功率消耗监测装置,其中所述第二累加总和的值被传输,以取代所述第一累加总和的周期性传输中的一次。
6. 如任一前述权利要求所述的功率消耗监测装置,其中所述装置适合于:
从所述主装置接收扩频定时基准信号;
检测所接收到的基准信号的码相位;以及
使用关于所检测到的码相位定义的定时将所述测量结果传输到所述主装置。
7. 根据权利要求 6 所述的功率消耗监测装置,其中所述扩频基准信号由同步符号周期性地调制,
所述监测装置适合于:
通过检测所述同步符号确定定时。
8. 根据权利要求 6 或权利要求 7 所述的功率消耗监测装置,包括用于检测所述码相位的时域相关器。
9. 根据权利要求 6 至 8 中任一项所述的功率消耗监测装置,其中所述监测装置适合于将上游信号传输到所述主装置,所述上游信号包括由数据消息调制的扩展码,所述数据消息包括所述功率测量结果,
所述上游信号被传输的传输时间间隔,和 / 或关于所述基准信号的所述检测到的码相位定义的所述扩展码的传输码相位。
10. 根据权利要求 9 所述的功率消耗监测装置,其中所述监测装置具有:
配置模式,在所述配置模式下,它适合于:
使用为了用于与所述主装置协商而保留的第一、预定的时间间隔和 / 或码相位传输所述上游信号;和
从所述主装置接收分配第二、不同的时间间隔和 / 或码相位的配置信息,以及
正常模式,在所述正常模式下,它适合于:
使用所分配的、第二时间间隔和 / 或码相位传输所述上游信号。
11. 根据权利要求 9 或权利要求 10 所述的功率消耗监测装置,其中所述装置适合于在与从所述主装置接收到的所述扩频定时基准信号的频带不同的频带中传输所述上游信号。

12. 一种监测功率消耗的方法,其用于测量消耗的功率并将测量结果传输到主装置,所述方法包括:

 测量在一系列时间间隔的每一个中的能量消耗,并保持所得到的能量测量结果的第一累加总和;

 将表示所述累加总和的第一量化值周期性地传输到所述主装置;以及
 从所述累加总和中减去所传输的量化值。

功率消耗的量化监测

[0001] 本发明涉及用于监测电器的功率消耗的方法和装置。更具体地，本发明涉及监测装置的分布式布置和用于汇集来自监测装置的测量结果的相关联的主装置。

[0002] 监测单独的电器的功率消耗并将功率或能量测量结果传输到集中式监测站是已知的。这样的系统可用在住宅或商业楼宇中，且允许用户发现哪些装置正在消耗功率；多少功率正在被消耗；以及何时被消耗。将测量结果传送给电力供应商用于计量目的或其它分析也是可能的。

[0003] 用于专注于监测市场的大部分现有设备使用了测量装置和中央（“主”）汇集器之间的无线通信。然而，也已经提出了使用电力线通信用于该目的。例如，家庭插电联盟（HomePlug Powerline Alliance）已经提出，对于智能电网 / 智能能源应用，通信协议应被标准化。这将使用现有的电力线通信技术，使得该规范将是 IEEE P1901 标准的轮廓。这是针对通过电力线网络提供宽带（高速）通信的世界范围的标准。

[0004] 本发明人已认识到，无线解决方案将受到有限的通信范围、干扰和巨大的节点成本的影响。他们也已经认识到，基于现有的高速电力线数据通信技术的功率监测系统不必要是复杂的，因为将被传输的测量结果规模较小，且它们可相对不频繁地（例如每秒一次）被传输。因此，本发明人已确定了对于更简单和更经济的基于电力线的系统的需要。

[0005] 根据本发明的一个方面，提供了一种用于测量由电器消耗的功率的功率消耗监测装置，

[0006] 所述装置可连接到电源电路，且可操作来通过所述电路将测量结果传输到主装置，

[0007] 其中所述装置适合于：

[0008] 测量由电器在一系列时间间隔的每一个中消耗的能量，并保持所得到的能量测量结果的第一累加总和；

[0009] 将表示累加总和的第一量化值周期性地传输到主装置；以及

[0010] 从累加总和中减去传输的量化值。

[0011] 传输的值的量化误差被隐含地计算在所述累加总和中，并传递（carry over）在后续周期中传输的值。因此，总的量化误差不累加，因为前面周期中的误差将被后续的传输自动校正。

[0012] 量化优选是非均匀的，最优先浮点量化。

[0013] 非均匀量化是指对于值的某些范围，量化相对地更准确。当能量消耗落入这些范围时，先前的量化误差将被更准确地校正。优选地，非均匀量化是：量化误差的大小直接与传输的值的大小有关。例如，这可以通过浮点量化来实现。浮点值与消耗的能量数量的累加总和的保持值的结合意味着较宽范围的能量值可用少量的位来表示。因为量化误差对于接近零的值将是最小的，所以当电器关闭时，由于量化到浮点格式而导致的任何残余误差将被抵消。因此，例如，非常准确地确定由电器在它被接通的持续时间内消耗的总能量将是可能的。以获得精确值的过程中的短暂延迟为代价，非常高的精度是可实现的。

[0014] 该装置优选还适合于：保持能量测量结果的第二累加总和；以及间歇地将第二累

加总和的值传输到主装置。

[0015] 传输的值不从第二累加总和中减去。因此,第二累加总和表示了能量测量结果的整个历史的总和(例如,从监测装置被最后激活、连接到功率监测网络或复位时起)。在间歇的基础上传输所有能量测量结果的整个总和允许主装置校正误差,如果第一量化值的一个或多个周期性传输未被正确地接收,则所述误差可被引入。如果仅仅考虑了第一量化值且数据包丢失,则系统误差可被引入,因为主装置将永远不会发现在丢失的数据包中编码的所消耗的能量的值。完整的累加总和的重新传输为主装置提供了检测到这样的误差并从这样的误差中恢复的机会。因此,这样的系统可以自动进行自校正。

[0016] 完整的累加总和的间歇性传输可以按相比于第一量化值较不频繁的周期性间隔来执行;可由来自主装置的请求触发;和/或可根据检测到的网络状况触发。例如,如果监测装置检测到网络上的差的信号质量,则它可增加传输第二累加总和的值的频率。

[0017] 第二累加总和的值可被传输,代替第一累加总和的周期性传输中的一次。

[0018] 这意味着第一累加总和的周期性传输中的一次被抑制,且作为代替,第二累加总和被传输。主装置应认识到代替值具有不同的含义。这种认识可由下列情况导致,监测装置将第二累加总和正在被传输的信息发信号到主装置;或者它可以是隐含的,因为主装置先前已请求传输第二累加总和;或者由于已约定的传输定时。由于延迟,第一累加总和的随后的周期性传输的值可相应地更大(因为在介于中间的额外周期中,额外的能量可能已经被消耗)。然而,主装置将认识到这一点,且可将测量结果的一部分分配给前面的周期。例如,主装置可将随后传输的值的一半分配给当前的间隔,且将所述值的一半分配给先前的间隔(它的值被第二累加总和替换)。

[0019] 在接收到第二累加总和时,主装置可以回溯地检测和校正先前所接收的第一累加总和的值中的误差。

[0020] 所述装置优选还适合于:从另一装置接收扩频定时基准信号;检测接收到的基准信号的码相位;以及使用关于检测到的码相位定义的定时将数据传输到另一装置。

[0021] 当使用传统的电力线技术用于该应用时,效率低的最显著的来源之一是在设置主装置、控制器装置和(潜在地许多)监测节点之间的通信中所涉及的开销。以通常在宽带通信中所见的高数据速率,该开销是必要的以支持复杂的应用;而且与总的数据带宽相比也是可忽略的。

[0022] 在本系统中,扩频定时基准信号用于使网络中的所有监测装置同步到主装置的时钟。然后,单独的装置可以用关于这个中央基准的指定的定时传输它们的测量结果。扩频基准信号允许非常精确的定时恢复,而同时对电力线环境中遇到的干扰类型具有鲁棒性。在电力线通信中,衰减的问题(在RF通信中所见到的)通常是最小的。通道的变化往往仅仅由布线结构中的主要的变化导致,因此,一旦通信通道被建立,它通常将保持可靠。然而,电源通信遭受更大的干扰源,所述干扰源通常是宽带的和短的持续时间的,其由负载(脉冲噪声)的切换所导致。已经表明电器,如炉具、咖啡机,是家庭环境中产生这种类型的干扰的罪魁祸首中的一些。扩频基准信号的使用使监测网络能够基本上不受这种类型的突发性的脉冲干扰的影响。因此,具有一种在短期宽带噪声脉冲串的存在下保持鲁棒性的通信协议是可取的。

[0023] 本文中,“扩频”指的是至少由伪随机扩展码(或“片码(chipping code)”)序列调

制的信号。这些信号已被用于其它技术领域如 RF 通信中的其它用途——例如,在如 GPS 卫星定位和第三代移动通信(例如 CDMA)的应用中。在本应用中,片码的相位可以被恢复并用作定时基准。因此,网络中的所有设备共享相同的定时,并且当数据消息被发送时,没有对复杂的定时恢复的需要,也不需要在可能希望同时传输的装置之间进行复杂的判断。例如,一旦监测装置已经恢复了定时基准信号,则它不需要请求许可来进行传输。

[0024] 除根据基准信号的定时来定时其传输之外,监测装置可调整其内部时钟或本机振荡器的频率,以更好地匹配扩频基准信号的频率。

[0025] 优选地,扩频基准信号被同步符号周期性地调制,监测装置适合于:通过检测同步符号确定粗略的定时。

[0026] 通常,片码将在给定的传输帧中重复多次。这意味着代码可以更短,这反过来使它更快地检测。然而,在这种情况下,对码相位的检测提供了精细的定时,但留下了粗略定时的模糊,因为接收器不知道检测到的是传输帧中的片码的哪个重复片码。这可以通过提供同步符号——例如作为每个传输帧中的第一个符号来解决。

[0027] 功率消耗监测装置优选包括用于检测码相位的时域相关器。

[0028] 可取的是保持监测装置的成本尽可能低,因为将需要单独的装置用于监测感兴趣的每个电器或电器组(例如,共用延长的导线)。使用时域相关器检测码相位帮助简化了该装置,且因此降低了它的成本。

[0029] 监测装置优选适合于将上游信号传输到主装置,上游信号包括由数据消息调制的扩展码,数据消息包括功率测量结果、上游信号被传输的传输时间间隔和 / 或关于检测到的基准信号的码相位定义的扩展码的传输码相位。

[0030] 通过选择唯一的时间间隔,监测装置可实现时分多址(TDMA)系统。可替换地或另外,该装置可以以码分多址(CDMA)方式操作,其中在该方式,不同装置的传输由具有低互相关度的扩展码调制。再次,为了最小化监测装置的复杂性,优选的是它们都使用相同的单一的、预定义的扩展码。因此,低互相关度通过在每个单独的监测装置使用具有不同相位的这种单一的、共享的扩展码来实现。这是可能的,因为它们全部共享由主控制器 / 汇集器提供的相同的准确的全局定时基准。

[0031] 监测装置优选还适合于在与从主装置接收到的扩频定时基准信号的频带不同的频带中传输上游信号。

[0032] 这可以帮助避免“近 - 远”问题,其中在通信链路的近端传输的强信号干扰从远端接收更微弱的信号。例如,由于近 - 远问题,监测装置可能难以检测或保持与定时基准信号的同步,原因在于相比于由监测装置本身所传输的上游信号的功率,这种接收到的信号的相对低的信号电平。同样地,在主 / 汇集器装置处,定时基准信号的(近端)传输可干扰对来自(远端)远程监测装置的上游信号的接收。通过对上游和下游通信使用不同的频带,来自相对端的扩频信号不再相互干扰。因此,该系统除了从上面描述的 TDMA 和 / 或 CDMA 技术中受益之外,还可从频分复用(FDM)的使用中受益。

[0033] 监测装置可选地具有:配置模式和正常模式,在配置模式中,它适合于:使用用于与主装置协商(negotiation)而保留的第一、预定的时间间隔和 / 或码相位传输上游信号;以及从主装置接收配置信息,所述配置信息分配第二、不同的时间间隔和 / 或码相位,在正常模式中,它适合于:使用所分配的、第二时间间隔和 / 或码相位传输上游信号。

[0034] 以这种方式,当每个监测节点第一次连接到电源网络时,它将以固定的且预先安排的时隙和 / 或码相位轮询主(汇集器)装置。主装置将把其它时隙和 / 或码相位间隙中的一个分配给新连接的装置,并将把该配置信息传回监测装置。配置信息优选地可在扩频定时基准信号上被传输调制。配置好后,监测装置将使用其被唯一地分配的时隙和 / 或码相位用于与主装置通信。

[0035] 还提供了一种监测功率消耗的方法,其用于测量消耗的功率并将测量结果传输到主装置,所述方法包括:

[0036] 测量在一系列时间间隔的每一个中的能量消耗,并保持所得到的能量测量结果的第一累加总和;

[0037] 将表示累加总和的第一量化值周期性地传输到主装置;以及

[0038] 从累加总和中减去传输的量化值。

[0039] 还提供了大致上如本文中和 / 或参照附图所描述的功率消耗监测装置。

[0040] 优选地,当传输功率测量结果时,每个监测装置使用误差校正码。

[0041] 不同的发明构思的不同方面可以结合来实现本发明的特别有利的实施方式。

[0042] 现将参照附图,借助实例来描述本发明,其中:

[0043] 图 1 示出了连接在电力线网络中的主装置和多个监测装置;

[0044] 图 2 是根据本发明的一种实施方式的主装置的框图;

[0045] 图 3 是根据本发明的一种实施方式的功率消耗监测装置的框图;

[0046] 图 4 示出了根据一种实施方式的监测装置从主装置接收数据的状态转换;

[0047] 图 5 示出了根据一种实施方式的数据帧的格式化和传输;

[0048] 表 1 示出了在监测节点处执行的计算以便将功率测量结果发送到主汇集器的一个例子;

[0049] 表 2 给出了由监测装置传输的符号和在主汇集器处接收的相应的符号的序列的一个例子;

[0050] 表 3 概述了监测节点从主汇集器接收数据的状态转换,如图 4 的状态图所示;以及

[0051] 表 4 示出了根据一种实施方式的表 3 的算法如何用状态编码实现。

[0052] 应注意,这些图形是示意性的且未按比例绘制。在附图中,为了清楚和方便起见,这些图形的某些部分的相对尺寸和比例已在大小上被放大或缩小。

[0053] 具有大量的低成本的‘可配置的’节点是可取的,所述节点可监测电源供电的靠电操作的设备的功率消耗并使用电源通信方法将所消耗的功率传递到集中式的汇集器。在本描述中,术语“节点”是指传输功率消耗的测量结果的功率消耗监测装置,且术语“汇集器”是指接收这些测量结果的主装置。

[0054] 主要目标是以在汇集器上的复杂性为可能的代价使附接到电器的节点的成本和复杂性最小化,使得装置节点可廉价地甚至没有成本地提供给终端用户。

[0055] 根据本发明的一种实施方式,网络结构需要单一的装置,其作为从装置节点接收的信息的汇集器。这可以通过互联网耦合到应用服务器,所述应用服务器通过基于网络的应用为用户提供等级服务应用和账单。

[0056] 通过使用电力线通信,与 RF 干扰以及汇集器的操作范围相关联的问题被消除,使得用户可以不具备专业知识而简单地通过插入所述装置并将汇集器连接到他们的家庭网

络来安装所述设备。

[0057] 该结构需要大量节点,所述节点能够使用有限的通道带宽,例如 Cenelec 波段 A、B 或 C 中的一个与汇集器通信。本发明的本实施方式使用 Cenelec 波段 B。

[0058] 可取的是具有一种通信协议,其在存在短期宽带噪声脉冲串的情况下仍然是鲁棒的。所选择的结构通过使用扩频技术解决了这个问题,借此大量节点可以以很慢的数据速率同时传输,使得典型的噪声持续时间大大短于符号持续时间。因此,可能的是约束这些干扰脉冲串,使得它们通常干扰单一的符号并因此可以使用误差校正码来克服。

[0059] 为了本目的,传统的基于数据包的网络是低效的,因为它们需要大量开销以允许接收器同步到发射器;以及需要明显的包间间隙以避免节点之间的干扰,因为节点定时经常具有显著的误差。

[0060] 发生在数据包中的不可校正的多位误差的概率与数据包长度成比例。因此,使数据包长度最小化增加了通信的整体完整性。然而,当需要判断时,这是不实际的,因为判断需要不能由 FEC 编码保护的附加位。因此,消除判断增加了通信的整体完整性。

[0061] 另外,当使用 RF 网络时,通常需要使用相对稳定的基准振荡器以既满足关于杂散发射的规定又避免由于残余载波导致的明显偏移,残余载波使信号解调变得困难。因此,通常有附加到每个数据包的相当大的前同步码(pre-amble),以允许 RF 接收器在尝试解调该信号之前相位锁定到来的信号。

[0062] 这些效果的影响是,对于每个传输的帧有显著的开销,当所述帧如用于文件传送和流媒体应用的数据通信常见的帧一样大时,这不是一个问题。这反映了该事实,即这些技术通常被设计用于在相对少量的节点之间的大脉冲串中的大量数据的通信。遗憾地,当需要传输来自非常多的节点的大量的短数据包时,开销成为一个明显的限制——正如在本申请中一样。

[0063] 本发明的通信结构可利用家中安装的布线来提供低成本的小数据包传送或短的数据报类型的传送,在短的数据包类型的传送中,通信是足够可靠的,以至于不需要确认序列。

[0064] 通过避免复杂的判断方案和锁相接收器,锁相接收器需要在每一帧的开始的训练序列(前同步码),这个协议有效利用了可用的带宽,因为这些过程的开销可以控制到该点的通信,在该点,它们成为可实现的吞吐量和 / 或可实现的节点数量的限制性因素。

[0065] 为了实现这个目的,本发明的实施方式使用了主定时基准,其必须是在所有节点的有界的不确定性之内,因为这确定了帧之间的空闲时段。空闲时段必须尽可能短,以使效率最大化,但是必须足够长以防止来自其它通道的帧之间的冲突。这可以使用扩展码来实现。

[0066] 使用从主设备传输的扩展码,我们可以容易地实现远远小于传统的住宅建筑中的 1 微秒的定时不确定性。这种不确定性的最大部分是由于信号穿过电源线花费的时间。通常,电源线中的信号传播将是约 0.6C 或 200 米 / 微妙。

[0067] 使用相关度的一个缺点是,当装置被接通时对于搜索的需求:它必须搜索扩展码的所有可能的相位,以便检测它,然后通常将使用多个相关器指针跟踪扩展码相位。

[0068] 如果我们连续地传输扩展码,那么我们可以容易地跟踪任意长度的代码。然而,为了使在启动阶段搜索代码的时间、复杂性和成本最小化,我们要求所述代码相比于正被标

记的数据帧的持续时间是相对短的。通常,以 6KHz 传输的约 128 码片持续时间的代码将每 20ms 左右重复一次,而数据帧可能需要几百 ms 来完成;因此,该代码被重复并使用附加的帧定时标记信号来调制,所述附加的帧定时标记信号用于解决帧定时模糊。

[0069] 此外,使用用于定时的主装置传输扩展码不仅是高度鲁棒的,而且将信息提供了可用于调整低成本的振荡器的节点,以便保持传输来自该节点的数据的非常准确的频率。这使接收器(主汇集器装置)处的相关丢失最小化,且从而改善了接收的信噪比(SNR)。

[0070] 当使用调制的扩展码时,对于接收器最初确定载波的相位以及因此调制信号的相位是不可能的,然而,如稍后将被描述的,这可以容易地被克服。

[0071] 然后,扩展码的这种调制以广播的方式提供了汇集器和所有附接的节点之间的通信的一种方法,并且一种协议被定义用于调制信号,其允许实现数据传输和帧定时同步两者。

[0072] 一旦监测节点准确地知道系统定时,它需要知道何时传输。根据本实施方式,这个决定基于一些先前协议的定时约束来做出。

[0073] 从用户的角度来看,在应该是“即插即用”的低成本应用中,在制造时手动地对每个节点唯一地编程或提供用于配置的开关是不可能的。所以,需要一种自配置机制,其允许节点发现用于其传输的合适的一组参数(如时隙)。

[0074] 当使用扩展码时,这导致了额外的挑战,因为传统上,共用相同频率的通道将使用不同的扩展码以避免干扰。根据本实施方式,当节点第一次被连接时,它将进入发现和配置模式。配置好后,它接着将进入一般通信模式,借此判断隐含于系统帧定时标记和在配置过程期间保存的信息。

[0075] 这具有几个优点。首先,它最小化了成本和复杂性;以及其次,它允许汇集器在启动时有选择地配置节点,使得在每个时隙期间,可以实现最佳的 SNR。

[0076] 为了保持最佳的通信完整性以及使可被连接的节点的数量最大化,本实施方式将使用时隙判断访问介质与 CDMA 访问技术相结合,使得在任何时刻,系统中的节点的一个子集使用扩频技术同时传输数据。这减轻了系统中的突发噪声。

[0077] 整体的吞吐量是电源电路中的布线环境的一个函数,且汇集器将通过把节点配置成共享每个时隙的集合且配置整体的帧重复率以确保所有节点获得对通信通道的平等访问机会来管理可用的带宽。

[0078] 用于分配这些资源的算法可以考虑在每个时隙中实现的 SNR:默认的最小数目的时隙最初被配置,然后根据具有最佳的 SNR 的时隙,节点被顺序地添加。因为 SNR 接近一阈值,在该阈值,进一步分配节点将降低信号完整性,所以汇集器将仅通过增加所使用的时隙的数量来添加更多的容量。因此,正在将它们的测量结果报告给汇集器的节点应该足够灵活以支持可变的帧速率,并参考它们的传输时隙作为来自帧定时标记的时隙数量。

[0079] 为了从节点到汇集器的传输,本实施方式使用 CDMA,其允许许多节点同时传输。使用这种方法,数据位持续时间(以及因此帧持续时间)被延长。然而,因为有较多的同时传输的节点,所以总的数据吞吐量被保持。这种技术具有几个益处:第一,在存在噪声的情况下它是非常可靠的;以及第二,由于位持续时间被显著增加,所以比较起来监视期间变得可忽略不计。因此,解调信号并且不使用任何位同步过程恢复数据流成为可能。

[0080] 在汇集器处,接收到的信号包含来自所有传输节点的载波,其必须被解调。然而,

每个节点将具有相对于主时钟的变化的载波相位,而且这还将是漂移的。

[0081] 为了避免汇集器同步到每个节点的需要,这将需要多个相关器和训练序列,本实施方式使用了简单的数据的二进制相移键控(BPSK)编码。这种编码仅提供具有 180 度相移的两种符号状态,这意味着接收到的数据可被简单地解码,而无需使用任何训练序列,且仅具有初始码相位的模糊。在开始接收帧时,汇集器首先必须搜索每个节点的扩展码。为使复杂性最小化,所有节点将使用相同的扩展码同时传输,对于每个传输节点,所述扩展码将被相移使得来自每个节点的能量将呈现在汇集器中的频域相关器的输出处的不同的非重叠的码相位窗口内。

[0082] 使用频域相关器使搜索过程更高效,因为所有码相位被同时地相关。因为使用了一种共享的扩频码,所以对于多个扩频码,执行频域相关是不必要的。

[0083] 对于本实施方式,128 个码片的码序列已被选择,其在所有未对齐的相移处具有最低的互相关。因此,节点之间的干扰被最小化。

[0084] 当在汇集器处解调数据时,必要的是确定传输信号的相位。这可通过利用扩展码的 BPSK 调制来进行,其已被发现使用简单的不归零(NRZ)编码方案和 BPSK 调制非常奏效。该方法类似于在用于跟踪卫星信号的 GPS 接收器的背景下所使用的方法。

[0085] 假设同时传输大量的节点以及另外时域复用节点,汇集器跟踪它们中的每个是不可能的,因为这将涉及改变相关器的定时。然而,即使具有显著的载波偏移(残余载波),使扩展码相互关联并通过查看复杂相关器的输出获得载波相位测量结果是可能的。通过监测复杂相关器的输出的相位旋转速率,这闭合了跟踪回路。

[0086] 通过使用 BPSK 调制和简单地测量相关峰值的码相位,跟踪绝对的信号相位是不必要的。相反,汇集器可以仅仅确定每个相干相关的相对的载波相位,对于调制中的每一个变化,有 180 度的相移。除了 BPSK 调制,每个节点将使用数据的不归零倒置(NZRi)编码,使得对于传输的每个 1 有 180 度相移;且对于传输的每个 0 有 0 度相移。因此,检测相位变化中的任何误差将导致接收到的消息的仅仅 2 位被损坏。然后,这使前向纠错(FEC)技术能够减轻这个问题。

[0087] 不使用 NRZ 或 NRZi 编码,为了克服初始的相位模糊,将必要的是知道传输的第一个数据位。也就是说,每一帧将必须以一个已知的位极性开头以提供基准。这当然使系统在这个起始位的检测上非常容易失败。

[0088] 假设节点和汇集器的相对载波频率足够接近,以上所概述的协议可以可靠地工作;但是,不确定性的主要来源是每个节点中的内部时钟不准确。假设节点的时钟是相对准确的,我们将看到由于时钟的不一致,每个数据符号的较小的相位旋转。这应该被充分地限制,使得由于时钟导致的相位旋转在一个符号周期期间是不显著的。在本实施方式的结构中,每个节点具有取自接收到的扩展码的准确的时间基准,并且如果使用了非常低成本的时钟,则可以使用这个基准来校正时钟误差。这留下了保持码相位的问题,这将通过在每个数据帧的开始重新对准来解决。因此,该系统在一个帧周期期间容许明显的时钟漂移。

[0089] 相关器中的剩余的相位不确定性可归因于噪声功率,其将受控于在相同的频带传输功率的其它 CDMA 通道(对应于其它节点)。这限制了可以同时传输的通道的数量,因为来自位于汇集器附近的节点的强信号可导致来自远节点的信号的 SNR 低于可接受的水平。

[0090] 通常,可接受的信号水平是这样的,在该水平,噪声的影响导致相关器输出相位测

量结果中的模糊明显小于 $+/-90$ 度。这通过控制传输功率来实现,以使在汇集器处观察到的相对信号功率对于每个节点而言近似相等。这可以通过汇集器发送指示哪些节点应增加或减少它们的传输功率的简单的广播消息来实现。

[0091] 通过使用 NRZi 编码,系统对第一数据位的相位的误检测的灵敏性被消除。然而,这导致一个缺点:不能正确地检测一个符号的相位将导致多位误差,因为它将插入或去除对随后的符号的额外转换。然而,作为副益处,不能正确地检测 2 个符号将绝不会导致 2 个相邻的位被不正确地接收。

[0092] 单个的位误差可通过汉明码使用前向误差校正算法来校正。本实施方式使用 11B/15B 编码,其中 11 个位的每个组被 15 个位替换,使得任何单个的位误差可被检测和校正。这些码不能校正多位误差,且有时将不能检测到它们。为了克服这个问题,块插入用来扩展几个数据块之间的多位误差,使得每个块接收单一的可纠正的位误差。

[0093] 以上所概述的信令系统将导致合理地可靠的通信协议。然而,将仍然有损坏的数据包所导致的误差。由于主要的应用是用于功率监测,所以实现 $>95\%$ 的数据包传送速率被认为是可接受的,因为这将导致在整体的功率监测上优于 5% 的准确度,这是一个被视为对于监测其中功率正被消耗的地方的目的而言足够准确的数字。注意,这远远小于在最传统的数据通信应用中可接受的值。

[0094] 为了适应宽范围的功率消耗值,且为了准确地指示功率而不发送不必要的高精度数据(其将加长所述消息),功率使用浮点格式来传递。

[0095] 例如,假设我们需要考虑在 1 到 3000 焦耳 / 秒的范围中的值,如果要使用具有 1 焦耳的精度的无符号的定点格式,那么最大值 3000 将需要 13 个数据位来表示它。(假设消耗的能量永远不会是负的,因此无符号的值是足够的)。

[0096] 作为替代,在本实施方式中,使用了 15 位的浮点值,其中 11 个位分配给尾数且 4 个位被分配给指数,这给出了 [0 到 2047]*2 \wedge [0 到 15] 焦耳的范围。

[0097] 随着测量结果被获得,节点累加消耗的总功率(能量)的总和。在每一帧中,值使用上述的浮点格式传输。由于这种格式的有限的精度,只有小于或等于 2047 焦耳的值可被保证准确地编码。从 2048 焦耳到 4095 焦耳,传输的值以 2 焦耳的步长被量化。从 4096 到 8191 焦耳,步长大小为 4 焦耳,依此类推。因此,浮点的、量化的、传输的值通常将不完全等于累加总和的当前值。为了考虑这个量化误差以及避免在接收器(汇集器)处建立累加误差,传输的量化值被从存储的累加总和中减去。在随后的时间间隔中消耗的能量继续添加到所述总和;所以,在下一次累加总和被量化且值被传输时,它将不仅包含新消耗的能量而且包含来自先前传输的残余量化误差。因此,随后的量化的传输值将校正先前的值中引入的量化误差。因此,整体的精度没有损失,但在传递精确的功率使用上有短暂的延迟。在一天中的某些时间,大部分电器将被关闭。当功率消耗降到零时,存储的累加总和中的残余量化误差可被完全消除,因为要被传输的剩余的量最终将下降到低于 2048 焦耳的可被精确地表示的一个值。注意,量化总是四舍五入为可以以 15 位的浮点格式表示的最接近的数字。

[0098] 表 1 示出了执行的计算和传输的值的一个例子,其以消耗 2551 焦耳 / 秒并按 1 秒的时间间隔传输(对应于 1 秒的传输帧)的电器为例。在这种情况下,为简单起见,使用了较小的 5、3 位的浮点值。设备运行了 9 秒。

[0099] 功率标示在瓦特列中,且消耗的总能量累加在焦耳列中。累加的能量值总和每秒累加一次。消息表示在所述时间间隔期间被发送的量化值,这是小于累加的总和的最大值,其可使用 8 位来表示,其中 3 位为指数、5 位为无符号尾数。在这个例子中,消息每两秒被发送一次。

[0100] 例如,在时间 2 处,总和是 2551,其表示直到那一瞬间所消耗的焦耳数。可以以这种格式表示的最接近的较小数字是 2528 ($79*2^5$),其被编码为尾数 =79,指数 =5。因此,值 2528 被传输并从总和的累加值中减去,而且下一能量读数被累加剩余的 23 焦耳($2551+2551-2528=2574$ 焦耳)。

[0101] 表 1

[0102]

时间	瓦特	焦耳	总和	消息
1	2551	2551	2551	
2	2551	5102	2574	2528
3	2551	7653	5125	
4	2551	10204	2556	5120
5	2551	12755	5107	
6	2551	15306	2602	5056
7	2551	17857	5153	
8	2551	20408	2584	5120
9	2551	22959	5135	
10	0	22959	15	5120
11	0	22959	15	
12	0	22959	0	15
13	0	22959	0	
总计	22959			22959

[0103]

[0104] 如果消息中的一条损坏或丢失(即,不正确的值在汇集器被解码或数据包丢失),那么系统误差可被引入。节点假设汇集器已经正确地接收所有消息——当聚集器未能正确地接收消息时,它无法知道(不存在更高级别的消息确认协议)。在一些情况下,汇集器可能能够检测到消息已被不准确地接收(例如,使用误差检测或误差校正码),或者可认识到来

自特定节点的传输的周期性模式已被中断。但是,为了从“不可纠正的”误差中恢复,需要某些另外的机制。

[0105] 由于这个原因,在本实施方式中,每个节点保持能量测量结果的单独的总计累加总和。这个总计相当于上述的当前累加总和,但在每次量化的值被传输时不递减。在上方的表 1 中,总计累加总和由“焦耳”列标示。节点间或地将该总计值传输到汇集器。当汇集器接收所述总计值时,它可以校正任何先前的误差,这允许它将操作中的总计值与节点重新同步。

[0106] 用于传输总计值的触发是基于信号状况和 / 或来自汇集器的请求。总计值也被周期性地传输(例如,在固定数量的规定的消息之后),且每次节点被供电。

[0107] 在目前描述的实施方式中,总计累加值替换了通常的周期性消息中的一条。这避免了发送额外的数据的需要。然而,它导致了测量结果中的一个的有效位的丢失,因为它被累加的功率消息的开头取代。然而,能量消耗仍然累加在节点中,且被包含在随后的消息中所传输的值中。汇集器,其知道它先前接收了包含总计累加总和的消息,过滤该消息对,使得随后的值在 2 个测量周期上被平均,这隐藏了遗漏的测量结果。

[0108] 因此,该系统是自恢复的,且系统的偏移量将不会无限地传播。一旦汇集器受到校正,它可以检测它以前是否已经接收了错误的消息并使用后面的总计累加值计算那个消息本应该是什么。因此,回头看测量结果的历史时,该故障或遗漏的消息未导致问题。

[0109] 下面概述了主装置 / 汇集器和监测装置 / 节点的主要功能以及它们之间的差异。

[0110] 汇集器以基准载波频率传输 PN 序列。这种 PN 序列为所有低成本装置节点提供了定时和频率基准。使用用于成帧的同步代码来调制信号,并可以另外携带帧同步标记之间的其它通知信息。

[0111] 汇集器操作使用了频域相关的多通道相关器,且解调 BPSK 信号以提取每个节点的 NRZi 编码的数据通道。

[0112] 数据通道被解码,且汇集器累加每个节点所消耗的功率。

[0113] 此外,汇集器连续监测专用的时隙(时隙 0,相位偏移量 0)以确定新节点的引入,并根据当前的系统状况(例如,通过参考 SNR)配置所述新节点。

[0114] 当接收数据通道时,对于节点,没有识别自身的需要,或对于汇集器,没有轮询或寻址每个节点的需要。相反,这隐含于码相位和时隙中。汇集器还将监测所接收的每个通道的功率(SNR),并将定期发送广播功率控制消息,所述消息将命令节点增加或减少它们的传输功率以在汇集器保持适当的 SNR 和 BER。

[0115] 监测装置节点是低成本的节点,其监测功率并累加能量读数,它使用量化的、累加值的消息流传递到汇集器。

[0116] 节点实现了更简单的、时域相关器,它使用所述相关器来检测来自汇集器的同步代码。它使用此代码以同步它的传输,且在本实施方式中,还使用帧定时来计算和校正本地时钟误差。

[0117] 节点使用时域相关来执行搜索,且一旦它已经检测到帧定时标记并接收到配置信息时,它进入跟踪模式,在跟踪模式下,它连续地监测代码且将它的中心定位在相关器。然后,在其所分配的时隙中,它使用帧定时标记来同步功率测量结果消息到汇集器的传输,且同时适当地移位扩展码。

[0118] 为了解码 BPSK 调制, 必要的是在接收电器有足够的 SNR, 使得相位角中的不确定性小于 +/-90 度, 且实际上, 它应该是相当小的以保持完整性。有影响相位检测的准确性的三个主要的问题 :

[0119] 1. 频率偏移量 : 如果传输节点载波频率不同于接收器载波频率, 则每个相关周期之间将有固有的相位旋转。

[0120] 2. 接收功率 : 如果接收功率低, 则相关器输出的精度降低, 导致了相位分辨率的损失。

[0121] 3. SNR : 如果信号在存在噪声的情况下被接收, 则该噪声通常将是高斯型的, 且在 I/Q 通道之间是不同的。因为噪声的主要来源是同时传输的其它节点, 所以可取的是通过选择具有最低的非零移位的自相关的扩展码使这种噪声最小化。分析已表明, 为了这个目的, m- 码 PN[7432] 提供了最低的所有 128 位代码的互相关, 因此, 这被用于节点到汇集器通道。

[0122] 必要的是对于定时同步通道使用不同的扩展码。一种这样的合适的代码是 m- 码 [7654], 尽管有几种其它的可能。用于这个通道的精确的代码应选择为与 PN[7432] 具有最低的互相关的代码。对于这种代码, 自相关不是一个重要的考虑因素, 因为它仅由汇集器传输。

[0123] 多路径效应(来自, 例如环网拓扑)不具有显著的影响。在 Cenelec 波段 B(100Khz 时), 波长为约 2KM(在 0.66C), 在住宅或小规模的商业环境中, 从用户电箱(consumer unit)中见到超过 100M 的长度的电缆是极不可能的; 因此, 破坏性的干扰是非常低的, 这不同于具有 12.5cm 的数量级的波长的更高频率的 RF 解决方案。

[0124] 在本实施方式中, 汇集器必须解扩多个同时发生的具有约 1-2 微秒的相位不确定性的扩展码。这可以使用时域或频域技术实现。然而, 时域技术将需要大量的物理相关器或更小的相关器资源的时域双工, 其是相对低效的, 且通常将需要 FPGA 或 ASIC 实现, 增加了复杂性以及因此增加了成本。

[0125] 出于这些原因, 本实施方式在频域中实现相关。这使用了 FFT/iFFT 方法, 其类似于有时用在 GPS 接收器中的搜索相位中的方法。有很多要求和 / 或限制 :

[0126] 1. FFT 可以仅解扩单一的扩展码序列;

[0127] 2. 必须计算全部码相位, 即使少量的码相位被需要时;

[0128] 3. 样本必须与任何数据调制同步, 否则明显的丢失将发生。

[0129] 如上面所解释的, 相同的扩展码被用在每个传输节点中, 但此代码被移相, 使得来自不同节点的代码之间的自相关性为零。代码被同步调制到主定时基准——即, 每个节点将调制具有不同的相位偏移量的扩展码。

[0130] 汇集器采样一个 PN 长度的数据, 执行基于 FFT 的相关并从所有传输节点获得所有信号。对于每个数据位的周期, 重复这个过程, 然后, 数据在位周期之间通过每个通道的复杂的相关器输出的相位比较来提取。节点的精确的数据位定时可以通过计算能量来确定, 然后复数值可被内插以得到峰值相位。那之后, 位周期之间的相位变化被计算以恢复 NRZi 编码的位流。

[0131] 可取的是实现具有最小的成本的节点; 因此, 优选的是避免大的相关阵列。然而, 由于样本必须被处理的速率, 完全在软件中实现该相关也是不实际的。具有少量的相关器抽头(tap)的主要限制是当节点被首次接通时同步到主定时基准所花费的时间。然而, 可

取的是具有一种由汇集器传输的长代码以提供定时基准。

[0132] 为了解决这些问题,在本实施方式中,汇集器传输将由更慢的位序列(位序列的每一位调制扩频码的一次重复)调制的扩展码。PN(扩展)码提供了在子1-2ms水平的分辨率,且位序列解析更高水平的模糊。这使得能够确定具有2秒的间隔的准确时间,其使用了标记位序列,使得标记位序列每2秒传输一次。然后,扩展码的剩余的重复可用任何其它需要的数据调制。位填充用于确保特定的序列能够不从正常调制的数据流中接收,且这个保留的序列用作标记。

[0133] 代码长度可以是相同的长度或用于从装置发送到汇集器的代码的长度的倍数(但使用不同的扩展码)。具有短的扩展码,许多小的部分相关器在低成本的FPGA中实现。这些以较低的速率产生了结果,所述结果可如下通过软件使用软件控制器搜索进一步集成:

[0134] 每个部分相关器对于少量的PN码码片使用硬件(HW)累加,这些‘部分’相关结果以比码片率(chipping rate)更低的速率产生,因为码片率对于软件(SW)累加而言太快,但以PN速率的倍数产生,这允许另外使用SW进行累加以在整个完整的PN长度上相关。

[0135] 1. 通过增加码相位来搜索,直到检测到能量峰值;

[0136] 2. 用软件跟踪所述峰值几个周期以计算码相位的旋转速率并更新锁相环(PLL)来微调振荡器;

[0137] 3. 解码复杂的相位以确定数据序列和同步点。

[0138] 现在将更加详细地描述本系统的一种示例性实施方式。

[0139] 图1示出了根据一种实施方式的网络的一个例子。主(汇集器)装置20和三个远程监测装置30连接到电源电路22,电源电路22是环形电源。电器40,其功率消耗将被监测,连接到监测装置30。在本实施方式中,电器还通过监测装置30连接到电源22。主装置20将每个监测装置30配置为连接到网络。配置完成后,每个监测装置30以有规律的时间间隔间歇性地传输测量结果。这些测量结果由汇集器20接收并经过互联网连接21转发到服务器50。

[0140] 由每个装置在电力线上传输的信号是用m-码序列和使用了BPSK编码的NRZI数据流调制的正弦波,因此,我们需要考虑在m-码和数据序列两者的码片率的符号。

[0141] 令m序列为一种重复的128个符号的二进制序列m0..m127,其具有值-1,+1,使用符号周期Pm

[0142] 令m码相位偏移量为Mp(0<=Mp<128)

[0143] 令数据序列为NRZI编码的二进制序列d0,d1..dn,其中在时间t处d的值由具有+/-1的值的d(t)表示,且该数据用来以每个m序列符号1个数据符号的速率调制m序列。

[0144] 令符号d(n)的周期表示为Pd,因此Pm=128Pd

[0145] 在时间t处,数据符号为d(t)=d(t/Pd)。

[0146] 在时间t处,m序列值为m(((t+Mp*Pm)Mod Pd)/Pm)

[0147] 因此,传输的信号为d(t/Pd)*m(((t+Mp*Pm)Mod Pd)/Pm)*(cos(f*t)+jsin(f*t)),其中,f是载波的频率,这种调制允许对载波简单求逆(inverse),它可以生成为单一的正弦波(sqrt(2)*sin(f*t-pi/4))。

[0148] 如稍后我们可以看到的,pi/4相移可以忽略,因为它是恒定的相移。

[0149] 在接收器处,信号被采样为表示Cos(ft)+jSin(ft)的复数值对I,Q(同相/正交)。

[0150] 此信号被滤波,且通过乘以本机振荡器的频率 $-f_1$ 被向下转换以产生复数‘基带’信号 $S_b = (\cos(f*t) + j\sin(f*t)) * (\cos(f_1*t) - j\sin(f_1*t))$,注意,频率是‘负的’,因为正交分量引起了同相分量。

[0151] 所得到的信号是 $S_b = \cos((f-f_1)*t) + j\sin((f-f_1)*t)$ 。

[0152] 因此通过将 f_1 设置为与传输频率相同,我们生成了复数基带信号,然后我们可以对所述基带信号解扩和解码。

[0153] 实际上,本机振荡器 f_1 的频率需要被频率和相位锁定到传输频率 f ,以生成真正的基带信号,这通常使用训练序列实现以锁定 PLL,然而,这对于短数据包而言效率较低,其中吞吐量将变得被训练序列长度限制。

[0154] 在本实施方式中使用的可替代的方法是接受在本机振荡器 f_1 和传输载波频率 f 之间将有频率差异,并且在解调阶段适应在‘基带’信号上所得到的残余频率。

[0155] 由于向下转换阶段的输出为 $d(t/P_d) * m(((t+M_p*P_m) \bmod P_d) / P_m) * (\cos(f_b*t) - j\sin(f_b*t))$,然后我们乘以复制的 m 序列以提取数据符号。

[0156] 乘以复制的 m 序列,我们得到了一个符号复数符号序列 : $d(t/P_d) * m(((t+M_p*P_m) \bmod P_d) / P_m) * (\cos(f_b*t) + j\sin(f_b*t)) * m(((t+M_p*P_m) \bmod P_d) / (P_m*f_1/f))$ 。

[0157] 假设本机振荡器频率足够接近传输载波频率, f_1/f 足够接近 1 以被忽略,且我们得到了符号序列 :

[0158] $d(t/P_d) * (\cos(f_b*t) + j\sin(f_b*t))$

[0159] 其中 f_b 是由于振荡器中的频率差异而导致在基带信号中产生的残余载波。

[0160] 在时间 P_d 上的能量被相干地并入以解扩该信号,该信号给出了生成的符号 :

[0161] $d(T) * (\cos(f_b.T) + j\sin(f_b.T))$ 。

[0162] 由于我们正在使用 BPSK 调制,因此,它是一个执行 $\text{atan}(d(t/P_d) j\sin(f_b*t)) / d(t/P_d) j\sin(f_b*t)$ 和测量相移以提取 $d(t/P_d)$ 符号序列的过程。

[0163] 实际上, f_b 接近零,且所得到的符号相对于相邻的符号被相位旋转了 P_d*f_b ,且在符号倒置(inversion)的情况下被相位旋转了 180 度,由于 f_b 的效果是累加的,所以数据通过接收到的符号的相对的相位测量结果而不是绝对的相位测量结果提取,从而允许 f_b 被忽略,而不管帧持续时间。

[0164] 有与此相关的几个丢失,其全部是残余载波 f_b 的函数,首先有由于集成期间信号相位旋转带来的丢失,其通常遵循 $\text{sinc}(x)$ 函数,以及其次有由于 m 序列码片之间的累加的相移的丢失。

[0165] 实际上,这两种损失是相干集成周期期间,残余载波的总的相位旋转的函数,因为相关是在每个相干周期的起始处重新开始,且因为我们正使用符号之间的相对相位而不是绝对相位用于符号解码。

[0166] 在正常的高速通信系统中,由于在计算 atan 函数中涉及的处理功率,在符号之间执行相对相位比较是不实际的,但是,在使用 BPSK 的低数据速率应用中,这变成实际的,因为不需要计算实际的相位角,仅仅计算通过星座(constellation)点和原点的线的斜率,对于每个符号,我们测量这条线的斜率并确定前一符号的相对斜率,这需要单一的除法运算而不是超越数学函数。

[0167] 对于每个符号,通过原点的线的斜率被计算并与前一符号的斜率比较,然后被存

储,供下一符号使用,可替换地,每个符号可乘以前一符号的复共轭,这有效地将其旋转以使前一符号的相位偏移量归一化。

[0168] 借助例子,表 2 标示了由节点传输的信号,序列 S0..S6 具有 I/Q 值 56(忽略大小),这些使用单一的正弦波来传输,所述正弦波在相位角 45 度和 225 度处表示 1(1) 和 -1(0)。

[0169] 这些被介质失真,且被基带残余载波移相,因此在接收器处载波去除滤波、采样和解扩后,它们从相关器被输出为值 R0..R6,其是由实线表示的矢量,且虚线是具有 180 度相移的矢量的延续部分。

[0170] 表 2

[0171]

符号	同相	正交					
S0	56	56	1				
S1	-56	-56	-1				
S2	-56	-56	-1				
S3	56	56	1				
S4	56	56	1				
S5	-56	-56	-1				
				同相			
初值	56	56	45	1	1		
r0	60	41	5656	1	1		
r1	-53	-19	-3959	-1	-1		
r2	-53	4	2733	1	-1		
r3	37	-32	-2089	-1	1		
r4	24	-41	2200	1	1		
r5	-4	43	-1859	-1	-1		

[0172] 接收衰减的和失真的信号之后,明确的是使用传统的方法对信号解码是不可能的,然而必要的是仅仅通过应用前一符号值作为旋转参数来计算旋转的同相分量的符号以正确地恢复信号。

[0173] 由于我们使用了复数信号,所以我们仅仅需要计算出结果:

[0174] $\text{SIGN}(Q(n)*Q(n-1)+I(n)(n-1))$,

[0175] 其由表 2 中的同相列表示。

[0176] 因为我们将在旋转应用到每个符号以校正相位,所以具有相同相位的 2 个符号将相互抵消,且具有大的相位差异的 2 个符号将产生大的相位偏移,因此以这种方式解码的符号序列实际上指示符号的变化而不是符号值本身的变化。

[0177] 为了克服这一点,我们传输被删除的单个符号用于训练,我们假设这个信号表示 1,那么所有的随后的符号通过同相分量的符号与先前解码的符号相乘被正确地解码,即使

具有大的残余载波,如在表 2 的最后一列中所见到的,其中符号序列已被正确地解码。

[0178] 这是一种简单的方法,其仅可被用在用于解码来自汇集器的消息的低成本节点上,但是稍微更鲁棒的方法可在汇集器上使用或作为上述方法的扩展,在上述方法中,汇集器可以假设由于残余载波导致的旋转在较长的时间周期上是恒定的,因此,它可以通过监测每个节点随着时间的相移来计算预期的相位旋转,然后,这可用来计算将被应用于每个符号的预期的相位旋转作为取自第一接收的符号和每个符号的固定旋转的绝对值,该旋转然后可被应用以对产生符号流的每个符号解码,符号流表示真实的数据值而不是它们的变化。

[0179] 在这样的机制中,又必要的是仅仅计算每个值的同相分量,以便解码原始的符号流。

[0180] 图 2 的框图示出了汇集器 20 的基本结构,其通过隔离的耦合器 207 连接到电力线 22,并且通过调制解调器 200 和互联网 21 与集中式服务器通信。

[0181] 汇集器 20 维护信息 201 的数据库,信息 201 包括网络上的节点的配置和功率测量结果,在需求时,它将功率测量结果传递到集中式服务器。

[0182] 数据库 201 通过用户配置接口 202 配置,用户配置接口 202 可包括键盘、显示器、个人电脑接口,或甚至移动装置接口例如蓝牙,此接口主要用于当新节点被添加到系统时配置新节点,因为功率管理信息是一种订阅服务。

[0183] 汇集器使用通过代码发生器 205 在电力线 22 上传输的信号控制家庭中的装置,代码发生器 205 在通道管理块 203 和中央时间基准 204 的控制下生成调制的扩展码,这个时间基准作为整个网络的主时间基准。

[0184] 通道管理单元 203 生成并将网络成帧所需的控制序列按顺序排好。

[0185] 从电力线接收的数据使用频域相关单元 206 解扩,频域相关单元 206 生成对应于接收的信号中的每个能量峰值的多个输出,这些峰值由通道管理单元 203 解调和解码,通道管理单元 203 确定传输每个数据符号的节点并根据存储在数据库 201 中的配置重建将它们与附接的节点相关联的消息,累加的功率信息然后存储在数据库 201 中,直到通过互联网 21 与主服务器通信。

[0186] 实例节点结构在图 3 中示出。

[0187] 电力线电压和电器电流消耗用适当的电路 301、302 采样,其输出被滤波器块 317 低通滤波,且被 AD 转换器 316 数字化,其结果传递到微控制器 307,微控制器 307 随时间记录电流 / 电压,并构建电器功率消耗的记录。

[0188] 可选地,微控制器可用来使用继电器 304 在电力线管理系统(汇集器)的控制下控制电器功率。

[0189] 由使用 BPSK 调制的扩频信号组成的通信数据通过适当的耦合机构 303 耦合到电力线。

[0190] 通过电力线接收的扩频数据被缓冲器 314 缓冲,然后在使用本机振荡器 310 和混频器 305 与本机振荡器信号混合之前被带通滤波器 313 滤波。

[0191] 在混合以移位接收到的信号的频谱之后,所述信号接着被低通滤波器 309 滤波,然后在传递到微控制器之前被 AD 转换器 306 数字化,微控制器解扩所述信号并解码消息帧和来自汇集器的定时基准。相同的本机振荡器还用来驱动定时器,所述定时器被 SW 同步到

来自汇集器的时间基准,且被 SW 使用以控制解扩后的数据的采样和传输消息的生成。

[0192] 微控制器同步到使信号成帧的汇集器,并准备电器功耗的适当的报告,所述报告然后被编码并使用移相的 m 序列扩展,这个 m 序列输出然后与来自本机振荡器的信号混合,并在传递给电力线耦合电路用于传输之前被带通滤波器 312 滤波。

[0193] 汇集器应使用位填充协议将信号传输到节点,以使帧同步符号序列能够插入通信通道。

[0194] 节点应接收符号,并接着缓冲用于处理,没有符号应被处理直到它们已根据协议规则被验证为通信的部分。

[0195] 帧同步序列应由符号序列 011110 组成。

[0196] 命令帧头应由序列 011111 组成。

[0197] 在正常的消息期间,三个连续的 1 符号的任何序列后面应跟随有 0 符号,所述 0 符号将被节点删除。

[0198] 命令帧头应始终以 0 开头,所述 0 应总是被删除,这确保了包含多个 1 符号的消息序列将总是可区别于帧或命令同步消息。

[0199] 当消息被完成且不再有数据要传输时,汇集器应传输一个 0 符号的连续的序列以确保帧同步可被正确地区分。

[0200] 当汇集器希望发送将与帧同步序列重叠的命令同步序列时,汇集器应始终延迟所述命令同步序列的传输,直到所述帧同步已被正确地传输。

[0201] 如果在发送所述帧同步之前,汇集器在正常的消息传输期间将立即发送 111 的序列,使得完整传输的 1110 序列将与所述帧同步序列重叠,则只有当所述 0 将在所述帧同步的第一个 1 符号之前被立即传输时,它应当发送所述 1110 序列,否则所述序列可能被分成 2 部分并被独立地处理,因此,0 的位填充可被避免,且所述帧同步仍然是清楚的。

[0202] 当接收到符号时,节点应缓冲所述符号,并只有在根据上述规则验证之后将它们传递到应用程序,这意味着节点可以同时将多个符号传递到应用程序。

[0203] 当命令同步序列被节点接收时,任何部分地被接收的命令将被删除,且新命令的接收应开始。这总结在表 3 中。这种算法可用状态机并使用表 4 所示的编码和图 4 所示的相关联的状态图简单地实现。图 4 示出了用于从汇集器接收数据的状态转换,水平线上方的标示是接收的符号,且所述线下方的标示是传递到应用程序的符号。

[0204] 表 3

状态	下一状态	缓冲器	接收到的	传递到应用程序的	下一缓冲器	动作
0	1	空	0		0	
0	2	空	1		1	
1	1	0	0	0	0	
1	3	0	1		01	
2	1	1	0	1	0	
2	4	1	1		11	
3	1	01	0	01	0	
3	5	01	1		011	
4	1	11	0	11	0	
4	6	11	1		111	
5	1	011	0	011	0	
5	7	011	1		0111	
6	0	111	0	111	空	
6	8	111	1		1111	
7	0	0111	0	0111	空	
7	8	0111	1		1111	
8	0	1111	0		空	帧同步
8	0	1111	1		空	命令开始

[0206] 表 4

[0207]

缓冲器	状态
空	0
0	1

1	2
01	3
11	4
011	5
111	6
0111	7
1111	8

[0208] 图 5 示出了消息的编码。所示的例子用于 24 位消息(401)。

[0209] 数据首先被分成 11 位的块用于传输,然后这些块用 15 位的 FEC 序列(402)替换,使得单个的位误差可被校正。

[0210] 然后,所述块通过从所述块中的每一个顺序地取出一位来插入以形成新的位序列(403)。

[0211] 然后,这种新的插入的位序列被 NRZi 编码(404),并使用乘法器(405)乘以 m 序列发生器(406)的输出。

[0212] 然后,这种组合的信号使用乘法器(408)乘以由振荡器(407)生成的载波,以产生用于传输(409)的 BPSK 调制的信号。

[0213] 为了最大化消息完整性,被编码的块的数量是消息长度的函数,所述消息长度对于每种消息类型是固定的,交错应始终从每个交错的块中取出位 0,使得对于一个 3 字节的消息,该序列将是 0. 0, 1. 0, 2. 0, 1, 1, 2. 1, 3. 1 . . . 0. 9, 1. 9. 2. 9 等,其中第一个数字表示 FEC 编码块,且第二个数字表示所述位。

[0214] 汇集器应将时间分成足以允许所有配置的节点将它们的信息传输到汇集器的帧。

[0215] 每一帧应细分成 n 个符号的块,其对于节点传输一条完整的功率消耗消息而言足够长。

[0216] 每个节点应被分配与帧标记相关的时隙,所述帧标记确定何时它被允许传输、结束,节点应保持与帧同步的同步以确保它不干扰其它节点。

[0217] 每个节点不仅应被分配时隙而且应被分配码相位用于传输,这减轻了对于地址信息的需要,因为每个节点可由汇集器唯一地识别。

[0218] 在初始化时,节点可能不具有传输授权,且可只在时隙 0 中以相位偏移量 0 传输,它应使用随机退避机制和重试传输在该时隙中重复地将消息发送给汇集器,直到它从汇集器接收到使用其它时隙和码相位偏移量的授权,一旦这被配置好,当电源被移除时,它将记住这条信息,且当再次被供电时,将继续使用这条信息来传输到汇集器。

[0219] 汇集器应定期地发送消息映射,所述消息映射指示自从以前的消息映射被传输后,它从哪个通道接收,如果节点一直传输到汇集器,且不在该消息映射中,则它将向汇集器请求新的授权。

[0220] 节点可以试图在任何时候通过在时隙 0 码相位偏移量 0 处发送请求从汇集器获得

新的授权,如果汇集器接收到这样的请求,它会将新的授权分配给该节点,并清除任何先前的授权。

[0221] 这种机制要求每个节点具有一个唯一的识别方法,然而在制造之后,节点可能不是唯一的,如果节点不具有唯一的识别号码,则它将请求由汇集器生成一个号码,所述汇集器应确保所有标识符在系统内是唯一的,一旦分配了唯一的识别号码,所述节点应记住这个识别号码,并在需要时在所有后续消息中使用它。

[0222] 定义的基本消息为

- [0223] • 请求具有 ID 的时隙
- [0224] • 请求无 ID 的时隙
- [0225] • 授予时隙
- [0226] • 授予时隙和 ID
- [0227] • 打开 ID
- [0228] • 关闭 ID
- [0229] • 消息映射
- [0230] • 验证操作

[0231] (验证操作消息是将来的安全功能,借此节点可被锁定成只在存在汇集器的情况下运行)。

[0232] 尽管本发明已经在附图和上述描述中被说明和详细地描述,但是这样的说明和描述被认为是说明性的或示例性的,且不是限制性的;本发明不限于所公开的实施方式。

[0233] 例如,在监测装置也作为控制装置的实施方式中运行本发明是可能的。因此,监测装置和主装置之间的通信可以是双向协议。在这样的实施方式中,监测装置可从汇集器接收嵌入在定时信号中的信号,所述信号是“关闭”或“打开”命令消息。响应于该命令,监测装置将在适当时切断或接通附接的电器。这可由微控制器 307 切换继电器 304 来进行,以供给或断开到电器的电源(假设电器通过监测装置连接到电源,如图 3 所示)。可替换地,监测装置可通过某些其它通信通道如蓝牙®无线连接来控制电器。这可以是有益的,例如,其中所述装置具有应该在电源断开之前完成的关闭协议。

[0234] 汇集器可适合于与宽范围的其它装置和 / 或服务通信。汇集器可通过互联网连接(如 ADSL)或智能电表协议发送它采集的数据,智能电表协议也使用电力线通信。例如,数据可通过以太网、USB、或 WLAN 发送到建筑物外的 ADSL 调制解调器线路。可替换地,数据可通过 Zigbee 发送到安装的智能电表,然后发送到建筑物外。数据可被能源供应商用于智能计量和 / 或智能电网应用。建筑物业主也可以使用该数据来分析历史的消耗或远程地控制整体的功率使用量或个别的电器。

[0235] 在以上所描述的实施方式中,假设主汇集器和监测节点在相同的频带中传输信号,其使用码分技术和 / 或时分技术来避免干扰。然而,在一些实施方式中,这可能未充分地抑制干扰的影响。特别地,在相同频带中传输的节点和汇集器可能经历“近 - 远”问题,其意味着由于近端信号的相对较高的功率,所需的远端扩频信号不能被接收。实际上,这可能发生,因为所使用的不同扩展码之间的互相关将始终是非零的。在这种情况下,对于汇集器,优选的是使用不同的频带从节点传输,从而确保近端的干扰在频带外,且可以通过带通滤波控制。

[0236] 设想了功率消耗测量结果和 / 或监测和控制网络的如下可能的用途：

[0237] 1) 房主可以通过网站在细分的等级处看到他们详细的功耗。也就是说，用于单独的电器的单独的监测装置的测量结果可以通过网络界面检查。

[0238] 2) 房主可以看到来自其它用户的类似电器的比较数据(优选是匿名的)，以比较使用量。这可以用于用户竞争以减少能量消耗的激励。它也可以帮助用户与其它用户相比来识别相对低效的电器。

[0239] 3) 服务供应商或应用程序供应商可以发送定期的(例如每周的或每月的)消耗报告，所述报告详细说明了该周 / 月的使用概况、趋势、及故障，包括用于减少使用量的提示和小建议。

[0240] 4) 公用设施供应商可以远程地控制所选择的家中的电器(例如，每周三次在高峰时间(下午 5 点至晚上 10 点)关闭冰箱 5 分钟)作为“绿色电器”资费的部分(这可在标准资费下提供折扣)。

[0241] 5) 房主可以通过网络或智能手机远程地控制他们所有的电器。

[0242] 6) 房主可以使用被称为“待机节省”系统的自动家庭管理(AHM)功能。单独的电器数据将由服务提供商分析(优选使用自动算法)，以确定当设备处于待机模式时，是否有任何功率在被抽取。一旦待机功率在被抽取被确定，历史的使用模式将被分析以发现装置处于待机状态时的典型周期。然后，系统将自动设置相应的功率节省周期，在此期间，电器被关闭，或简单地将它的电源断开。例如，由 TV/DVD/ 机顶盒(STB) 组成的组可以在凌晨 1 时至上午 6 点之间关闭，因为它们被发现抽取了 25W 的待机功率，且使用历史表明这些电器在晚上 12 点之后或上午 7 点之前从未被使用过。

[0243] 7) 房主可使用被称为功率节省器的 AHM 功能，其中，不间断地或者连续地使用功率的装置，如冰箱或冰柜在一段已知的较少活动的时间被循环打开和关闭。

[0244] 8) 来自服务提供商的文本服务，借此房主可被提醒过度消耗或电器的异常的或不允许的使用。

[0245] 显然，虽然这些使用场景和自动方法涉及“住宅”和“房主”，但它们可同样适用于商业楼宇。

[0246] 根据对附图、本公开和所附的权利要求的研究，在实践所要求的发明上，所公开的实施方式的其它变化可由本领域那些技术人员理解和实现。在权利要求中，词语“包括”不排除其它要素或步骤，且不定冠词“一个”(a) 或“一个”(an) 不排除多个。单个处理器或其它单元可实现权利要求中所列举的几个项目的功能。某些措施列举在相互不同的从属权利要求中的纯粹事实不表明这些措施的组合不可被有利地使用。计算机程序可存储 / 分布在合适的介质上，如与其它硬件一体供给或作为其它硬件的部分的光存储介质或固态介质，但也可以以其它形式分布，例如通过互联网或其它有线的或无线的电信系统。权利要求中的任何引用符号不应解释为限制其范围。

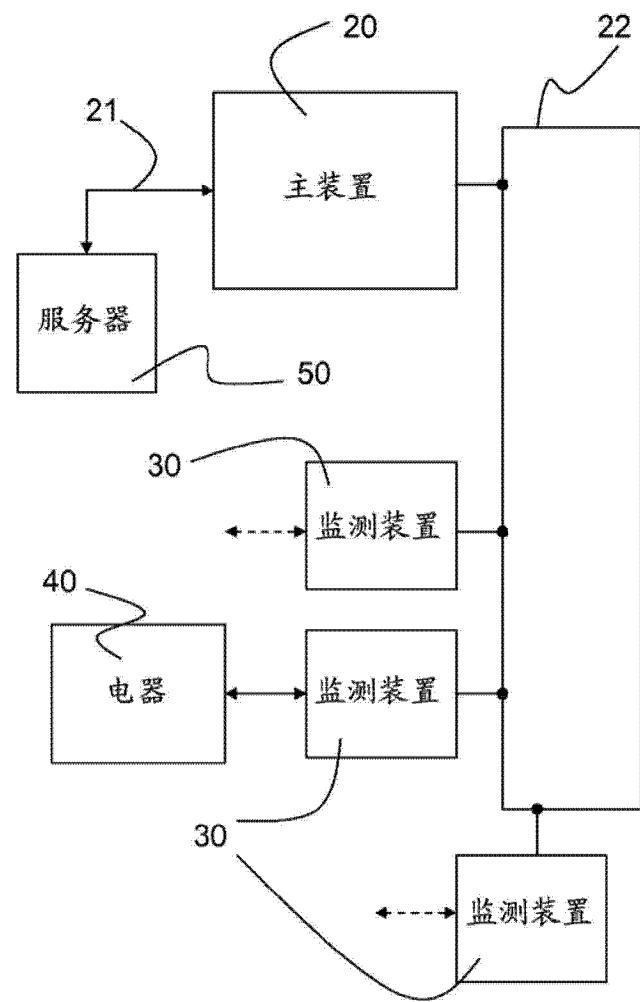


图 1

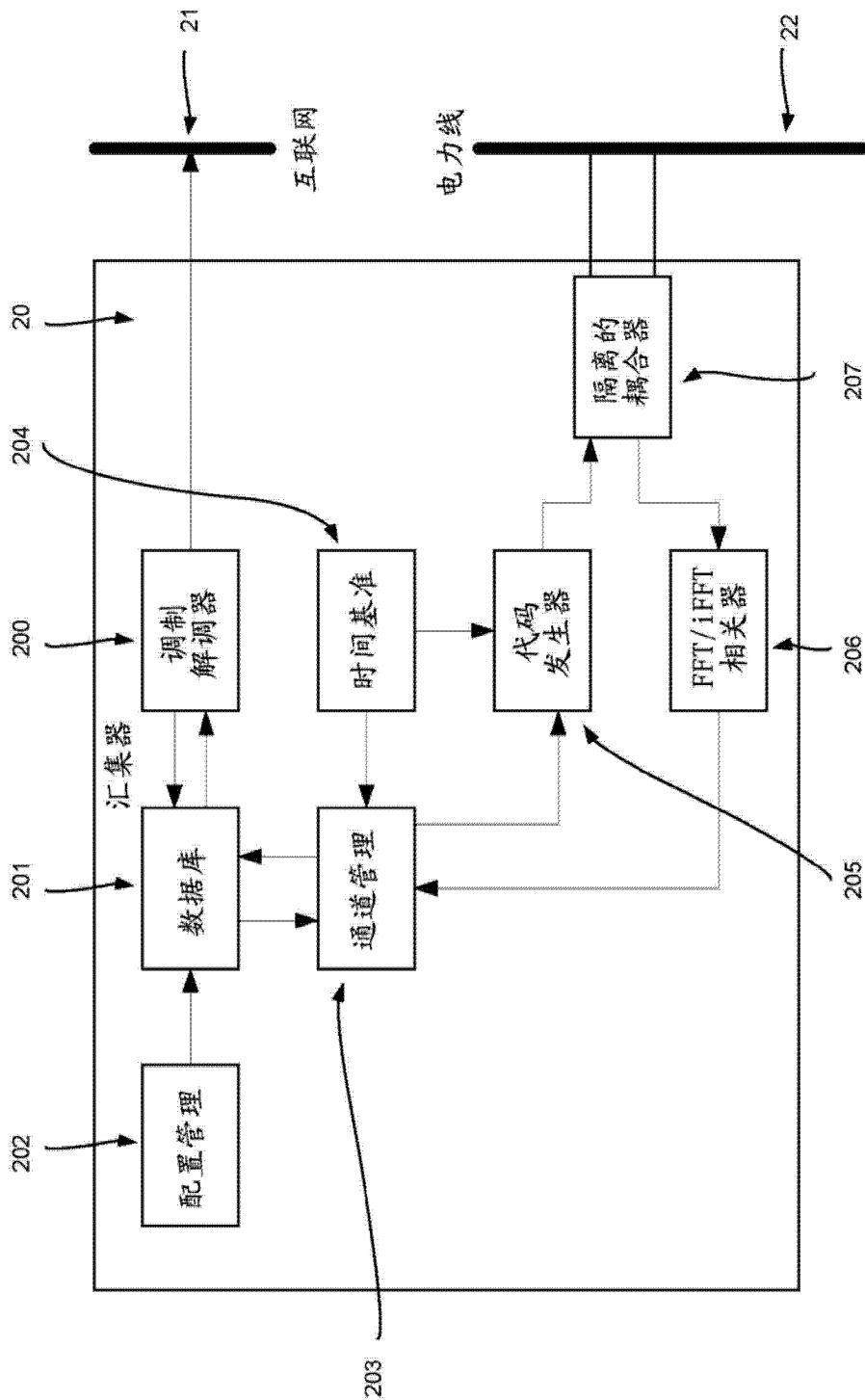


图 2

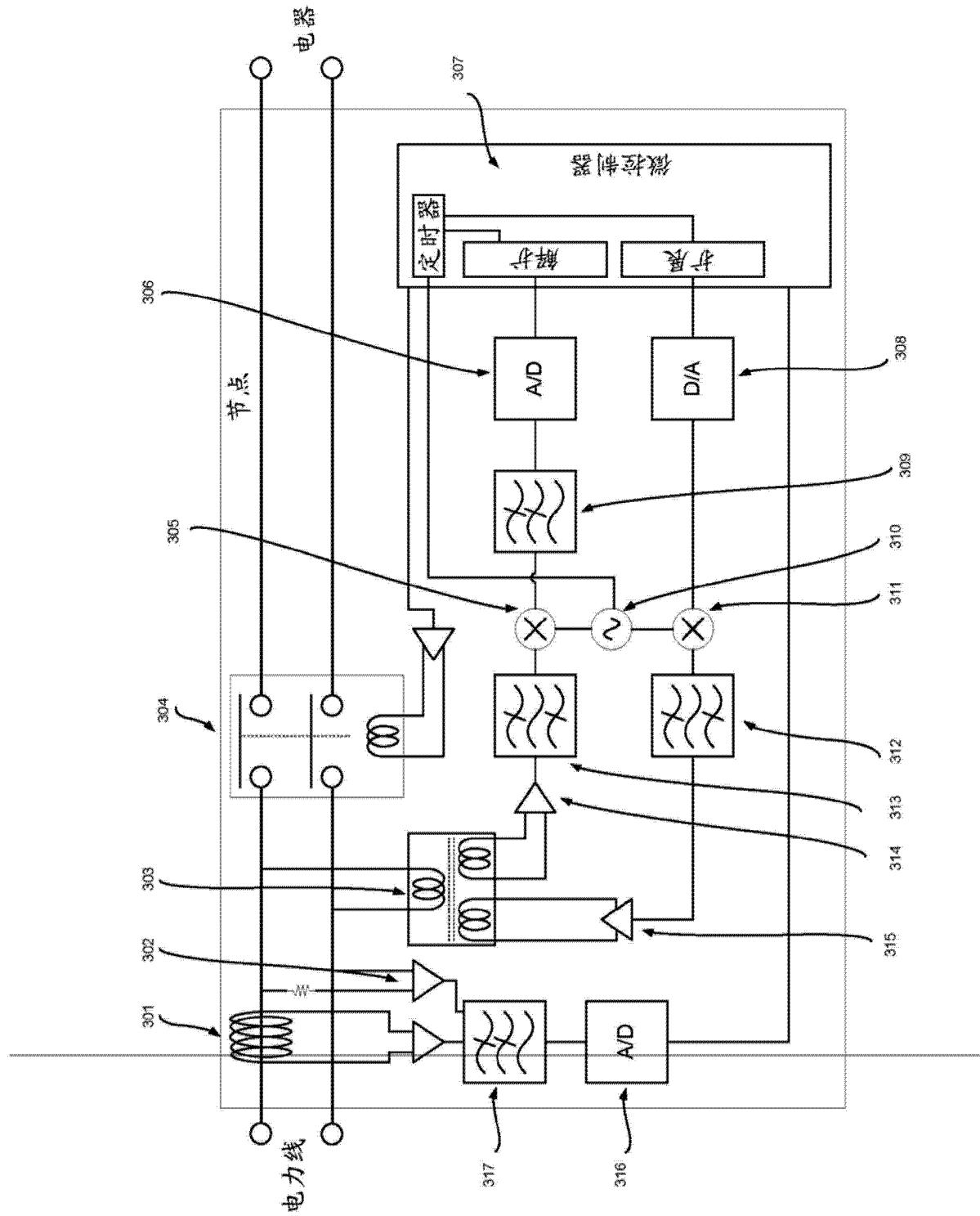


图 3

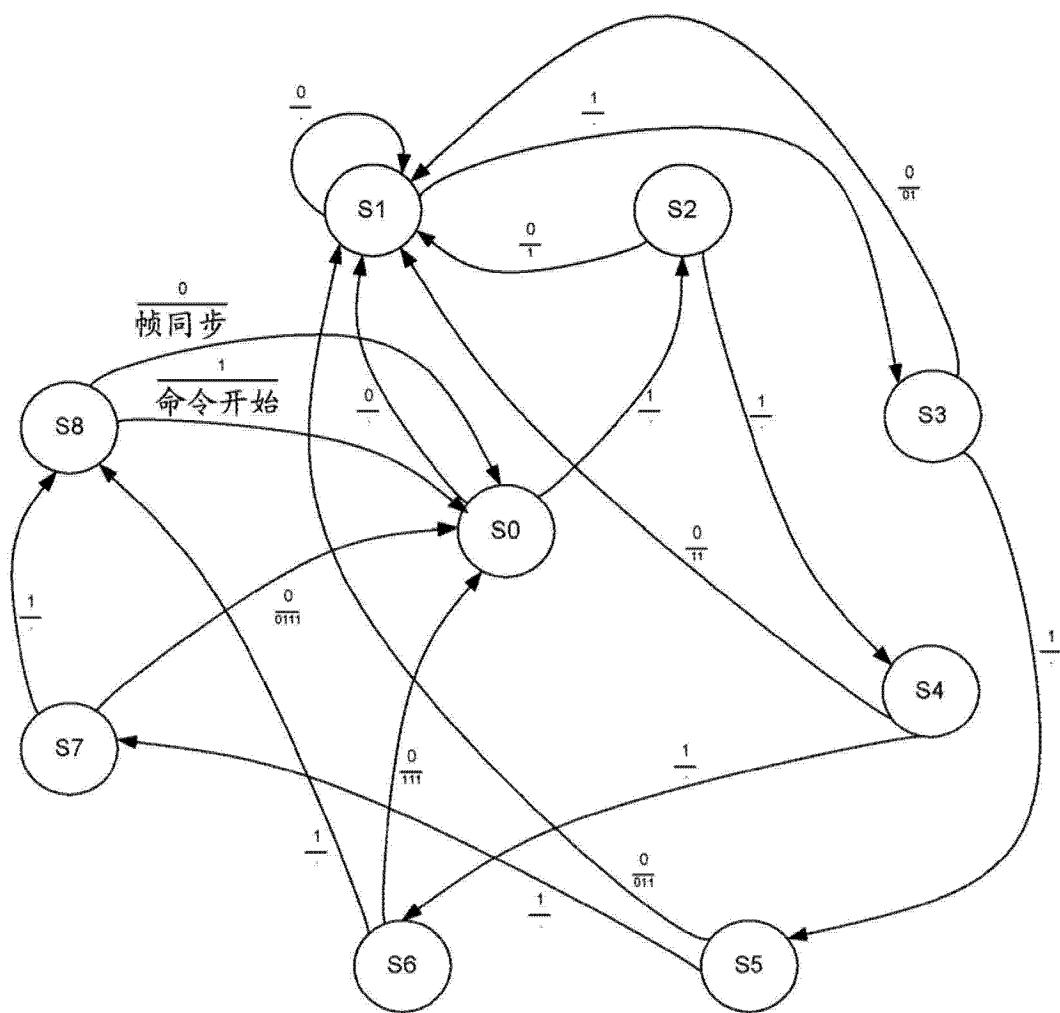


图 4

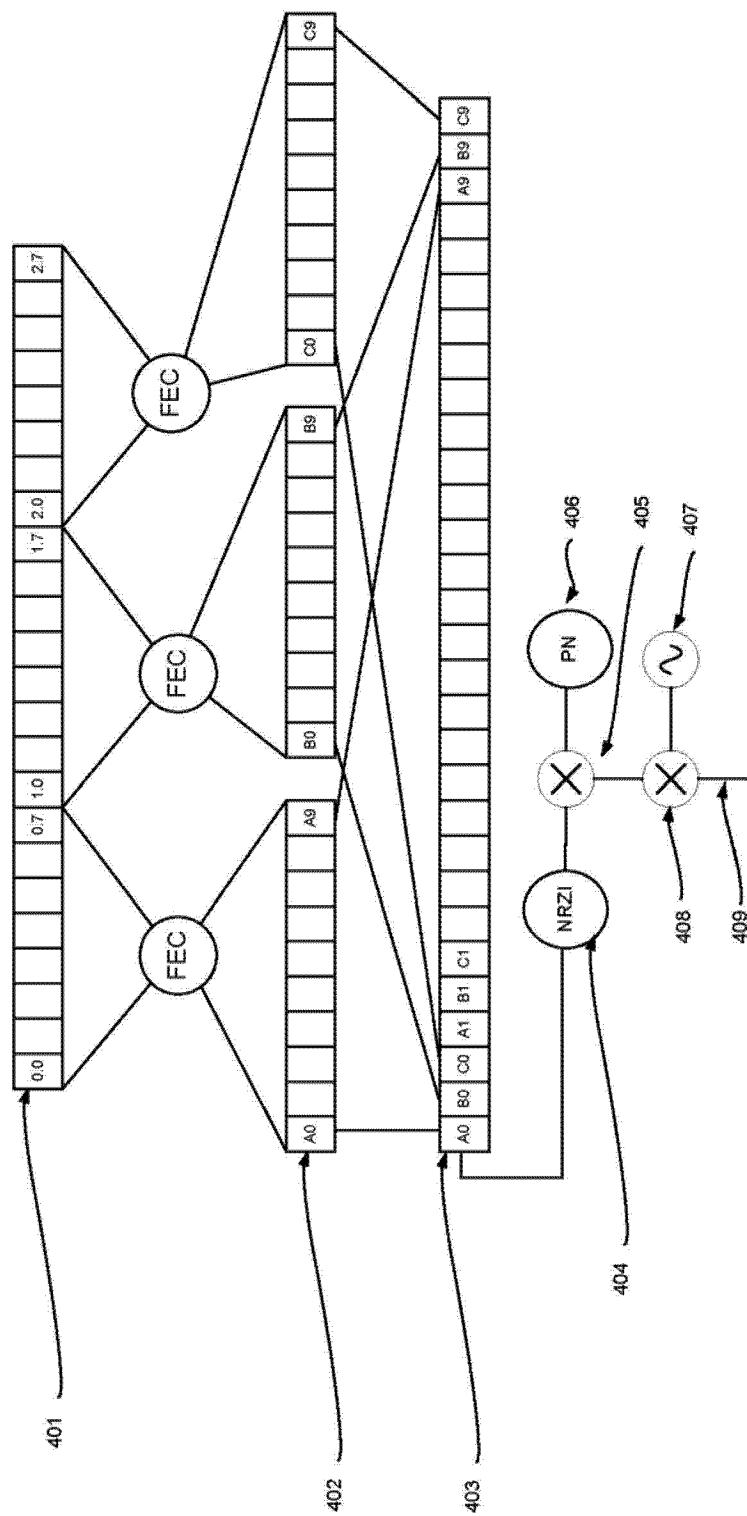


图 5