



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101356751 B

(45) 授权公告日 2013. 10. 09

(21) 申请号 200680046428. 3

(22) 申请日 2006. 12. 11

(30) 优先权数据

0525126. 9 2005. 12. 09 GB

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008. 06. 10

(86) PCT申请的申请数据

PCT/GB2006/004615 2006. 12. 11

(87) PCT申请的公布数据

W02007/066137 EN 2007. 06. 14

(73) 专利权人 索尼特技术公司

地址 挪威欧索罗

(72) 发明人 斯韦勒·霍尔姆 鲁内·霍尔姆

(74) 专利代理机构 北京德琦知识产权代理有限公司

11018

代理人 陆弋 宋志强

(51) Int. Cl.

H04B 11/00 (2006. 01)

H04B 13/02 (2006. 01)

(56) 对比文件

EP 0084461 A1, 1983. 07. 27, 全文.

WO 2004080111 A2, 2004. 09. 16, 全文.

CN 1702477 A, 2005. 11. 30, 全文.

审查员 申砾

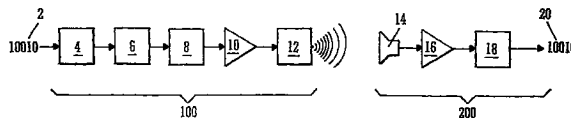
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

数据通信装置、接收机和数据传输方法

(57) 摘要

一种数据通信装置,包括发射工具,该发射工具适于在彼此相对移动的物体之间按照频率对的比率来发射数据。该装置特别适用于在空气中以超声频率进行的声学数据通信。



1. 一种数据通信装置,包括:
编码器,被布置为:接收用于发射的数据;将所述数据划分为字;以及为所述字中的每一个字:i) 识别对该字进行编码的频率比率,以及 ii) 确定具有所述频率比率的频率对;
信号发生器,由所述编码器控制,并且被布置为产生与所确定的频率对应的电信号;
放大器,被布置为放大所述电信号;以及
超声波变频器,被布置为发射经放大的信号,从而按照频率对的比率来发射所述数据。
2. 根据权利要求1所述的装置,其中所述频率比率具有至少三个可能值。
3. 根据权利要求2所述的装置,其中所述频率比率的可能值的数目为2的整数次幂。
4. 根据权利要求2或3所述的装置,其中所述可能值表示最小比率与最大比率之间的等分。
5. 根据权利要求1所述的装置,其中所发射的信号具有大于20千赫兹的频率。
6. 根据权利要求1、2或3所述的装置,该装置被布置为同时发射该频率对。
7. 根据权利要求1、2或3所述的装置,该装置被布置为相继地发射该频率对。
8. 根据权利要求1、2或3所述的装置,进一步包括接收工具,且其中该装置被布置为相继地发射该频率对,该相继发射快至使得该接收工具同时检测到该频率对的两个频率。
9. 根据权利要求8所述的装置,其中所述接收工具被布置为执行快速傅立叶变换,该装置被布置为在该接收工具的单个快速傅立叶变换帧期间发射该频率对。
10. 根据权利要求1、2或3所述的装置,包括多个编码器,每一个编码器具有相关联的信号发生器、放大器和超声波变频器,并且每一个编码器被布置为发射特异的识别码。
11. 一种数据传输方法,包括将数据编码为包括频率对的多个信号,发射所述频率对,接收各对频率,确定所述频率的比率,以及根据所述比率来解码数据。
12. 根据权利要求11所述的方法,其中所述比率具有至少三个可能值。
13. 根据权利要求12所述的方法,其中所述比率的可能值的数目为2的整数次幂。
14. 根据权利要求12或13所述的方法,包括通过:i) 根据数据值与可能比率值之间的对应,识别对所述数据进行编码的比率值;以及 ii) 选择具有带有所识别的值的频率比率的频率对,将待发射的数据转换为所述可能值之一。
15. 根据权利要求12或13所述的方法,包括将所述可能值定义为最小比率与最大比率之间的多个等分。
16. 根据权利要求11、12或13所述的方法,包括发射声波信号。
17. 根据权利要求16所述的方法,包括以大于20千赫兹的频率发射信号。
18. 根据权利要求11、12或13所述的方法,包括同时发射该频率对。
19. 根据权利要求11、12或13所述的方法,包括相继地发射该频率对。
20. 根据权利要求11、12或13所述的方法,包括相继发射该频率对,该相继发射快至使得该频率对的两个频率同时被接收。
21. 根据权利要求20所述的方法,包括对所接收的信号执行快速傅立叶变换,该频率对在单个快速傅立叶变换帧中被发射。
22. 根据权利要求11、12或13所述的方法,包括多个发射工具各自发射特异的识别码。
23. 一种接收机,包括:
超声波传感器变频器,被布置为将压力波转换为接收的电信号;

滤波模块,被布置为对所接收的信号进行放大和滤波;

解码器,被布置为通过检测所述信号中的频率对、确定所述频率对之间的比率、并根据所述比率来解码数据,对经滤波的信号进行解码。

24. 根据权利要求 23 所述的接收机,该接收机适于对所接收的信号执行快速傅立叶变换。

数据通信装置、接收机和数据传输方法

技术领域

[0001] 本发明涉及彼此相对移动的物体,例如移动的发射机和固定接收机之间的数据传输。本发明特别但不唯一适用于在空气中以超声频率(40 千赫兹(KHz)数量级的频率)进行的声学数据通信。

[0002] 背景技术

[0003] WO 03/087871 公开了一种基于超声波通信的定位系统,该系统能够确定若干超声波发射机标签中的每一个位于哪个房间中。各个标签发射特异的标识信号,该标识信号由每个房间中所提供的接收机之一来拾取。

[0004] 申请人发现,诸如此类的当前超声波定位系统使用数据速率严格受限的声学数据链路。这限制了更新速率和/或可以跟踪的物体/人的数目,并且特别限制了对进出房间的很多人/物体的快速移动进行精确跟随的精确程度。

[0005] 申请人所知道的声学通信系统中最先进的声学通信系统是在水下声学中得到的系统。第一代数字调制解调器基于频移键控(FSK),因为FSK在时间和信道的频率展开上具有鲁棒性。但是,FSK在其利用带宽的方式上效率低下,因此近年来,在开发以例如各种形式的相移键控(PSK)为基础的、通常结合自适应均衡的更高效的相干系统方面,花费了极大的精力,其中各种形式的相移键控如在例如D B Kilfoyle和A. Baggeroer发表于IEEE Trans. Ocean. Eng. (电气和电子工程师协会海洋工程电子期刊), OE-25, 1-1111 (2000) 上的The state of the art in underwater acoustic telemetry(水下声学遥测的技术发展水平)中所述的。尽管如此,在实际应用中,非相干FSK和MFSK(多FSK)系统在提供可靠通信方面还是发挥了重大作用。这种系统通常是非自适应的,并设计有充足的带宽以适应所预期的最苛刻的环境。这意味着,在普通的更为有利的条件下,针对带宽和功率而言,该系统运行效率低下。这种低效率可以很明显。导致这种低带宽效率的设计约束之一是由于多普勒效应而存在的频率偏移。

[0006] 无论发射机和接收机以朝向彼此或是远离彼此而移动,由于各个波阵面必定在两者之间传播不同的距离,因此接收机所感知的信号频率与发射机所发射的信号频率不同。这既是已知的多普勒效应。

[0007] 声音速度的相对较低值导致即使低速移动也能产生相对较高的频率偏移。 v 的相对移动,其中正的 v 表示从源向接收机的移动,将频率偏移到:

$$[0008] \quad f' = f(1 + v/c) \quad (1)$$

[0009] 其中 f 为初始频率, c 为声速(例如,在空气中大约为 340 米/秒(m/s),在水中大约为 1500m/s)。

[0010] 作为示例,以 25kHz 的中心频率运行、并以 10 海里/小时的速度在 AUV 上(自主式水下航行器)使用的水下声学通信系统会产生 86 赫兹(Hz)或中心频率 10%的典型相对带宽(即 2500Hz)的 3.4%的多普勒频移。以 40kHz 从以 6 千米/小时(km/h)的速度(快速步行)移动的发射机进行发射的机载超声通信系统会经历 196Hz 或 10%的典型相对带宽(即 4000Hz)的 4.9%的更大多普勒频移。

[0011] 多普勒频移会基于相对运动而产生升频或降频。MFSK 同时使用多个频率,并且可以被视为并行工作的多个 FSK 系统。这些频率之间的唯一关系是它们决不被允许有所重叠。在 MFSK 系统中,理论上可能并且期望如脉冲长度的倒数 $B = 1/T$ 一样接近地间隔这些频率。然而,多普勒频移 $f_D = f' - f$ 可以很容易就远远超出这个间隔,即 $|f_D| \gg B$,这样就实际上限制了可以使用的频率数量,并且因此还限制了比特率。

[0012] 适应多普勒频移的标准方式是根据最大多普勒频移加上一特定保护带 f_g 来间隔频率:

$$[0013] \quad \Delta f > B + 2|f_d| + f_g \quad (2)$$

Δf 与 B 的比率可以很大。由于变频器具有有限的带宽,因此 Δf 与 B 的比率很大表示可以根据该方案达到的有效数据速率存在损失。

发明内容

[0014] 目前描述的调制方案是在无线电通信中运转良好的自适应方法。然而,本发明的目的在于提供一种更适合于声学环境的方案。

[0015] 当从本发明的第一方面考虑时,提供一种包括发射工具的数据通信系统。

[0016] 当从本发明的第二方面考虑时,提供一种数据传输方法,该数据传输方法包括:将数据编码为包括频率对的多个信号,发射所述频率对,接收各对频率,确定所述频率的比率,以及根据所述比率来解码数据。

[0017] 本发明还扩展到适于将按照频率对的比率来发射数据的发射机。本发明还扩展到适于检测频率对、确定一对频率之间的比率的接收机。

[0018] 因此可以看出,与诸如 FSK 的已知数据传输方法相比,根据本发明,数据比特由一对载波信号之间的频率比率来表示,而不是将数据编码在载波信号的频率值中。

[0019] 发明人所认知的将数据编码在两个频率的比率中的主要优势在于,在由发射机和接收机之间的相对移动所引起的多普勒频移的影响下,该比率不变。在下文中就这一点进行解释:

[0020] 如上所示,作为多普勒效应的结果,各发射频率 f_1 、 f_2 会经历以下等式所给出的频移:

$$[0021] \quad f_1' = f_1(1 + v/c)$$

$$[0022] \quad f_2' = f_2(1 + v/c)$$

[0023] 然而,如果根据本发明,将数据编码在信号对的频率比率中,而不是编码在所发射的信号的绝对频率中,则所接收的信号如下:

$$[0024] \quad \frac{f_2'}{f_1'} = \frac{f_2(1 + v/c)}{f_1(1 + v/c)} = \frac{f_2}{f_1}$$

[0025] 因此,原始比率在多普勒频移的影响下得到了精确的保护。这意味着,不需要额外的带宽来适应至少由于发射机与接收机之间的恒定移动速度而导致的多普勒频移,这对于对移动具有鲁棒性的通信系统是有利的。因此可用带宽可以明显更有效地用于数据传输。例如,不再需要传统 FSK 系统所需要的大保护带。

[0026] 在过度简化的实施中,可以通过仅具有两个可能的比率值,将数据编码在独立的单个比特中。这会需要很低的带宽,因为构成该比率的音调可以以非常接近的方式被隔开。

然而,优选地提供至少三个可能的比率,从而对于给定的带宽,可以达到提高的数据速率。在优选实施例中,例如可用比率的数目为 2 的幂,使得一次可以发射多个比特。例如,如果有 64 个可能的比率值,则在每个时隙可以发射六比特的数据。由于比率值不会受到以上所阐述的标准多普勒频移的影响,因此在给定带宽中可以具有相当大数目的比率值。优选地,可能比率的范围被优选地划分为相等的增量,各增量对应于一可能的数据值。

[0027] 可以通过改变一个或两个载波的绝对值,来改变用于连续时隙的比率。

[0028] 虽然本发明可以应用于使用电磁波的数据通信中,但通常,以普通地面速度行进的发射机所受到的多普勒频移较小,可与 $1/T$ 相比。因此,本发明的优选应用在于声波通信,最优选的是超声波通信。通过声波意味着流体介质中的压缩波;并不意在得出描述波的频率或其它参数的任何推论。通过超声波通信意味着高于正常听力范围的频率的波。按照惯例,这被认为意思是高于 20kHz 的频率。

[0029] 根据本发明,数据被编码为两个频率处的一对信号之间的比率。根据某些实施例,信号可以被同时发射。然而,两个频率并不一定要同时发射。例如,在其它实施例中,两个频率可以相继地发射。这样做的优势在于,当在任何给定时间只需产生一个频率时,可以采用单个振荡器。虽然与同时传输相比,这种方案因为各比特需要花费两倍长的时间来发射,因此不可避免地会降低数据速率,但是仍然通过避免对大保护带的需求而实现了对已知方案的显著改进。

[0030] 在不同时发射信号对的情况下,信号对可以被其它信号所分离,例如根据交织方案而分离。然而,优选相继地即一个接一个地发射信号对。在某些优选的此类实施例中,充分快速地相继发射信号对使得信号对能够像它们被同时发射一样被检测到。在这些实施例中,接收机被优选地配置为像同时检测到一样地检测这种相继发射。例如,接收机可以在对信号进行解码时,采用快速傅立叶变换 (FFT), FFT 帧的大小被设置为使得两个信号落入同一 FFT 帧中。在示例性实施例中,信号对中的第一个信号被发射的持续时间为 1 毫秒,在小于 1 毫秒的间隙之后,继之以第二个信号,第二个信号被发射的持续时间也为 1 毫秒。

[0031] 在某些实施例中,信号对的发射可以重复一次、两次、三次或更多次。这样可以促使发射误差的降低。

[0032] 可以代替将数据编码为仅仅两个频率之间的比率,而使用更多的频率。这样数据可以被编码在相应对的频率之间的比率中。例如这些频率可以是一基频以及多个较高和较低的频率;数据被编码在各频率与基频之间的比率中。申请人已经进一步认识到,这种方案可以通过另外确定一些或所有较高/较低的频率之间的比率来允许对接收机所接收的数据进行验证。

[0033] 上述方案可能与多进制频移键控 (MFSK) 系统具有某些相似性,但是关键性的差异在于数据被编码在频率的比率中,而不是频率的绝对值中,因此与传统的 MFSK 理论所规定的相比,频率可以以更接近的方式进行间隔。

[0034] 本发明的一个优选应用是用于将多个人或物体定位到具体房间的超声波系统。由于超声波不能穿透墙壁,并且在门口被分散等,因此它具有将信号有效局限于一个房间的特征,所以特别适合于这种应用。与例如很容易淹没于日光的红外线通信相比,超声波还更加不易于受到环境干扰。

[0035] 然而,还具有这样的应用,申请人设想本发明使用超声波通信来改进可达到的数

据速率的原理在该应用中是有益的。第一个例子是利用诸如进 / 出 AUV (自主式水下航行器) 的移动平台来进行的水下数据通信。虽然由于在水中声音的速度相对更快,使得多普勒频移问题在水中被减弱,但是发射机和接收机之间的相对速度趋向于更大。

[0036] 另一个例子是用于远程控制应用中,特别是在工业环境中。而且超声波具有不需要直线瞄准线 (这在例如红外传输中是需要的) 的优势,另一方面不存在意外控制相邻房间中的机器的危险 (在射频通信中可能存在这种危险), 而意外控制相邻房间中的机器在涉及工业机器人的地方是个重大的冒险。当然,根据本发明可以达到比目前所能达到的更高的数据速率。

[0037] 有益应用的第三个例子也使用超声波信号被局限在房间的特点,该例子是在诸如无线计算机键盘之类的设备之间的无线通信中的应用。这种情形下,在有效防止窃收上非常有益。

[0038] 另一个潜在的重要应用是在从诸如心脏监视器之类的监视设备到基站的患者数据无线通信中的应用。这在不需要患者保持在固定位置的情况下,允许了从患者到基站的数据的实时更新。在以上提到的私密透视的这类应用中,以及超声波在避免无线电发射机接近人体组织或诸如心房脉冲产生器的设备方面被认为具有优势,因此超声波的使用是有益的。

[0039] 申请人已经认识到,由于现在需要接收机针对各数据字来正确地检测两个音调,而不是一个音调,因此在给定范围、发射功率、噪声级等时的总计检测概率中存在容限的降低。换言之,对于给定的最小总计检测概率 (比方说 99%), 必需提高用于各个独立音调的检测概率。实际上这意味着或者必须接受略低的范围或者使用略高的发射机功率。不过相信根据本发明的至少某些实施例,数据速率得到非常显著的提高,因此上述问题是相对次要的考虑因素。

附图说明

[0040] 现在将参见对本发明的范围没有限制性的附图,使用具体的例子及其实施例来进一步解释本发明。在附图中,

[0041] 图 1 是用于简化的 MFSK 方案的频率 - 时间图 ;

[0042] 图 2 是类似的根据本发明示例性方案的图 ;

[0043] 图 3 是体现本发明的系统方框图 ; 以及

[0044] 图 4 是体现本发明的定位系统的示意图。

具体实施方式

[0045] 图 1 示出简单的多进制频移键控 (MFSK) 系统。该系统具有以中频 f_c 为中心的可用带宽 W 。因此,可以使用的最小频率为 $f_{\min} = f_c - W/2$, 最大频率为 $f_{\max} = f_c + W/2$ 。

[0046] 该带宽被划分为五个频率对 : 分别对应于 0 和 1 的 $f_{i,0}$ 和 $f_{i,1}$ 。为了发射如图 1 所示的数字信号 1001000, 通过发射频率为 $f_{1,1}$ 的音调来发射第一比特 1, 频率 $f_{1,1}$ 是这五个频率对中最低的 '1' 比特频率。使用第二频率对来发射下一个比特 '0', 这样就是以频率 $f_{2,0}$ 来发射该比特。使用第三频率对即以频率 $f_{3,0}$ 来发射下一个 '0' 比特。以 $f_{4,1}$ 来发射第四比特 '1'。使用最后一对即 $f_{5,0}$ 来发射第五比特 '0'。再次使用初始对即 $f_{1,0}$ 来发射第六比

特,等等。

[0047] 为了最大化重新使用频率时频率之间的时间间隔 GI,从而避免由于反射导致的早先信号和后期信号之间的串扰,因此采用类似于此的遍及频率对的循环。重新使用频率之间的最小时间已知为保护间隔。保护间隔的需要无疑对可以达到的最大数据速率给予了限制。

[0048] 为了使说明清楚,描述了遍及频率对的循环,但是 MSFK 方案也可以同时发射多个音调。

[0049] 可以看出在整个带宽上频率 $f_{i,0}$ 和 $f_{i,1}$ 被隔开。需要相邻频率 FS 之间的间隔来防止在这些频率发生多普勒频移时信号之间的串扰。这限制了在必须再循环之前可以使用的频率对的数目,并且因此还限制了最大数据速率。最小间隔通常被设为根据发射机与接收机之间的相对移动所预期的最大频移。

[0050] 现在将描述根据本发明的编码方案。

[0051] 有三个带宽参数起作用:可用带宽 W;中心频率 f_c ;及用于同步多频率系统的绝对最小间隔,其为所使用的脉冲长度 T 的倒数, $B = 1/T$ 。在异步系统中,必须使用更大的间隔作为处理帧之间的重叠量,并且脉冲长度将决定有效脉冲带宽。例如,间隔可能会加倍,即为 2B。

[0052] 还有三个重要的时域参数:T,脉冲长度; t_r ,反射时间或频率可以被重新使用之前的时间(等同于图 1 的保护间隔 GI);及最大预期加速度 a_{max} 。

[0053] 这里略述的编码方法只应用于将要发送短的消息(突发)且两个频率之间的比率中的每一个只使用一次的情况。可以设计更加精细的方案来进行持续发射。在一给定的应用中,处理器可以用来执行搜索算法,以使用尽可能少地重新使用频率和频率比率的准则来找出将频率隔开的最佳方式。

[0054] 以下为一种针对数据突发的编码算法的建议。重复一遍,最大可用频率为 $f_{min} = f_c - W/2$,最小可用频率为 $f_{max} = f_c + W/2$ 。根据给出的参数,针对单个脉冲由加速度所引起的最大频移可以确定为:

$$[0055] \quad f_a = \frac{a_{max} t_r f_{max}}{c}$$

[0056] 虽然不是必须的,但是在这个例子中,在设置发射频率之间的最小间隔时,将该针对单个脉冲由加速度所引起的最大频移考虑在内。在将由加速度所引起的多普勒频移考虑在内的情况下,最小的频率距离为:

$$[0057] \quad \Delta f > 2B + f_a$$

[0058] 如果将其与上面的等式 2 进行比较,并设置 $f_a = 0$,即在恒定速度之下,则不需要考虑多普勒频移,因此这里可以以更接近的方式对频率进行间隔。

[0059] 由于信息被编码为两个频率之间的比率,因此上式可以转化为 $\Delta r = \Delta f / f_{min}$, Δr 是两个频率比率之间的最小可能的差值。所需的频率间隔将最小比率设置为:

$$[0060] \quad r_{min} = \frac{f_{min} + \Delta f}{f_{min}}$$

[0061] 对应的最大比率 r_{max} 可以与 f_{max} / f_{min} 一样大,即使用所有的可用带宽。然而,这样在放置两个频率 f_1 和 f_2 时,就没有给出自由度。为了在 f_1 和 f_2 的实际值中既允许较大频

率比率又允许某些自由度,优选地对最大比率进行限制。在该例子中,将最大比率限制为使用 2/3 的可用带宽,但是可以使用其它限制。

$$[0062] \quad \text{即 } r_{\max} = \frac{f_{\max}}{f_{\max} - \frac{2}{3}W}。$$

[0063] 实际的编码是通过将比率 r_{\min} 到 r_{\max} 的范围划分为均等的线性增量,并将数据字或符号分配给各线性增量来执行。可用的符号的数目由以下等式给出:

$$[0064] \quad n_{\text{sym}} = \frac{r_{\max} - r_{\min}}{\Delta r}$$

[0065] 在图 2 所示的例子中,有 64 个符号。

[0066] 由此得出结论是, $\lfloor \log_2 n_{\text{sym}} \rfloor$ 个比特可以被编码在一个符号中,即在先前的例子中有 6 个比特可以被编码在一个符号中。由于符号速率为 $1/T$,因此比特率可以由以下等式给出:

[0067]

$$\text{rate} = \frac{\lfloor \log_2 n_{\text{sym}} \rfloor}{T}。$$

[0068] 前述计算假设用在符号中的未使用频率总是可用的,这对于短的消息而言是合理的假设。对于较长的发射而言,可能需要这样的机制:在反射时间 t_r 过后释放频率用于重新使用。

[0069] 以上分析的例子现在将用于发射机由步行的人携带的情况下的应用。采用 35kHz 的中心频率 f_c 和 $W = 5\text{kHz}$ 的带宽给出从 $f_{\min} = 32.5\text{kHz}$ 到 $f_{\max} = 37.5\text{kHz}$ 的频率范围。假设最大多普勒频移由快速步行的速度,即 6km/h 或 $6/3.6 = 1.67\text{m/s}$ 给出。假设 $a_{\max} = 0.5\text{m/s}^2$ 的最大加速度,且系统被设计为在各音调上的反射可能持续高达 0.2s 的房间中工作。

[0070] 脉冲长度必须远大于最大反射时间,以便在发送下一个脉冲之前,大部分能量已经消逝。因此,采用 $T = 0.05$ 秒 (sec) 的脉冲长度会给出 $B = 1/T = 20\text{Hz}$ 的脉冲带宽。

[0071] 为了比较,计算采用 MFSK 的传统通信系统的数据速率。在这种系统中最大多普勒频移可能为 $\pm v/c * f_c = \pm (1.67/340) * 35000 = \pm 172\text{Hz}$ 。将脉冲长度带宽 $2*B = 40\text{Hz}$ 以及由加速度引起的频率拖尾加到该最大多普勒频率上。加速度给出的频率拖尾或频移为:

$$[0072] \quad \frac{a_{\max} t_r f_{\max}}{c} = \frac{0.5 \frac{m}{s^2} \cdot 0.2s \cdot 35\text{kHz}}{340 \frac{m}{s}} = 10\text{Hz}。$$

[0073] 当这些都加到一起时,给出的单个音调的偏差范围为:

$$[0074] \quad \Delta f = \pm (172+40+10) = \pm 222\text{Hz}。$$

[0075] 这暗示人们可以在可用带宽中使用总共为 $5\text{kHz}/(2*222)\text{Hz} = 11.3$ 个可能的频率。实际上这是 5 个频率对或 10 个不同的频率。由于反射,人们不能在单个频率上发射超过每秒钟 $1/0.2s = 5$ 次,因此,单个频率对的数据速率为 $5*5 = 25$ 比特/秒。

[0076] 现在返回根据本发明的示例编码方案,两个频率之间的最小比率由这两个频率在

不至于难以区分的情况下的接近程度来确定。由于脉冲的宽度和加速度,使得该接近程度为 $\Delta f = 2*20+10\text{Hz} = 50\text{Hz}$ 。这给出的最小频率比率为:

$$[0077] \quad r_{\min} = 1+50\text{Hz}/f_{\min} = 1.0015$$

[0078] 且最大频率比率为:

$$[0079] \quad r_{\max} = \frac{f_{\max}}{f_{\max} - \frac{2}{3}(f_{\max} - f_{\min})} = 1.098, \quad \Delta r = 50/32500 = 0.0015。$$

[0080] 这给出了每个频率对总共 $\frac{r_{\max} - r_{\min}}{\Delta r} = 64 = 2^6$ 个可能的不同消息,或者每个发射的频率对有 6 比特消息的编码,而不是如 MFSK 中的每对 1 比特。因此,在该例子中达到的数据速率为 150 比特/秒 (b/s),或者与传统的方案相比具有 6 倍的提高。

[0081] 图 2 中示出根据以上例子运行的系统的频率-时间图。

[0082] 在该方案中,由同时发射的两个音调之间的比率来表示 6 比特数据字,而不是单个音调表示单个比特。考虑到图 2 的图中的第一时隙,分别以 f_{\min} 和 $f_{\min} + \Delta f$ 来发射两个音调。 f_{\min} 为将保护带考虑在内以保证带宽不会被超过的带宽最小频率。差 Δf 表示基于脉冲长度带宽和加速度多普勒频移的最小频率增量。该间隔明显小于图 1 的 MFSK 系统的频率间隔,因为即使由于相对(恒定速度)移动而引起多普勒频移,两个音调之间的比率也保持恒定。

[0083] 在第一时隙中,发射最小音调比率 r_{\min} ,因此其对应于零数据字 000000。在第二时隙中,发射最大音调 r_{\max} 。较低音调是 $f_{\max} - (2/3)W$ 。该比例的较高的音调是 f_{\max} ,即将保护带考虑在内时带宽中的最高频率。因此,第二时隙发射最大数据字 111111 或十进制的 63。在第三时隙中,发射中间音调比率,更确切地说是最大比率的 36/64 的比率。因此,该比率对应于 100100(与图 1 的整个序列中所发射的码相同)。

[0084] 因此可以看出,对于相同的带宽,根据本发明的该例子可以达到比使用 FSK 高六倍的数据速率。

[0085] 在该例子中,仍然使用保护间隔,其中在与保护间隔相等的时段内,没有音调或音调比率被重新使用。对于短的消息而言,这是个很好的假设。然而,对于较长的消息而言,必需对音调或比率的重新使用进行管理,所描述的方案也可能是有利的。这是从 r_{\max} 仅覆盖了带宽三分之二的事实中得出的结论,因此可以使用在带宽内选择频率组合来达到所需的音调比率。由于对于使用带宽的哪个部分来说具有灵活性,特别是对于较小的比率,因此该选择可以由发射机以自适应方式进行管理,从而对重新使用进行最小化。

[0086] 现在将描述根据本发明的通信方案的一种可能应用。

[0087] 图 3 示出体现本发明的系统的简化示意图。图的左手侧是发射机模块 100。最左边的块表示待发射的原始数字数据 2。该数字数据可能是根据具体应用从模拟数据转换而来。然后该数据被处理器 4 进行处理,该处理器 4 将数据转换为合适的结构,例如添加头、校验比特等并且在需要时对该数据进行加密。然后将准备好发射的数据传递到编码器 6。编码器 6 将该数据划分为字,例如在先前描述的例子中是被划分为 6 比特的字,然后计算各个字的频率比率。然后该编码器基于例如在最后几个时隙中使用的频率,精确地确定使用哪个频率来给出计算得到的比率。然后该编码器控制合适的信号发生器 8 产生与所需音调

对应的电信号,该电信号由放大器 10 放大并由超声波变频器 12 发射。

[0088] 在接收机模块 200 处,合适的超声波传感器变频器将压力波转换为电信号,该电信号在模块 16 处被放大并被滤波,然后由解码器 18 通过确定所接收的两个频率之间的比率来对该信号进行解码以恢复数据 20。即使发射机变频器 12 和接收机变频器 14 彼此相对移动使得发射信号经受多普勒频移,它们的比率也保持恒定,因此可以准确地恢复数据。

[0089] 查看图 4,可以看出根据本发明的定位系统的示意图。在该图的右手侧为多个房间 22。各房间包含超声波接收机模块 200。接收机模块 200 均连接到包括中央服务器 36 和一个以上客户端 38 的数据网络。

[0090] 在该系统中,有大量超声发射机标签 100。在标签仅用来将人或装置定位到房间 22 之一的最简单实施例中,各发射机 100 可以被预编程为发射特异的识别码。在更复杂的实施例中,发射机可以发射额外的信息。这些发射机可以被设置为以固定的间隔或响应于有事件发生而进行发射,例如基于检测到标签在移动或基于接收到轮询信号。

[0091] 当标签 100 发射其数据时,超声信号被限制在它所处的房间 22 中。该信号将由该房间中的接收机 200 检测并进行解码。通过将发射机 100 和接收机 200 两者的标识信息均传递到网络 34,中央服务器 36 可以确定各发射机位于哪个房间中。根据本发明可达到的改进的数据速率意味着该系统可以包括大量发射机标签 100,这些发射机标签 100 可以到处移动,但是仍然能够将它们都准确地定位到相应的房间 22。当然,定位信息可以被任意客户终端 39 看到并进行处理。

[0092] 本领域技术人员会认知到,以上所陈述的例子和应用决不可能是穷尽的,而是可以在本发明的范围内作出多种变动和修改。例如,并不一定同时发射两个音调;两个音调可以被顺序发射,或甚至是以相互延迟来发射,虽然通常期望最小化该延迟以降低发射机和接收机的相对速度在音调之间略有改变的风险。

[0093] 也不必仅在两个音调之间计算比率,而是可以使用三个以上音调来计算比率。

[0094] 示出的实施例采用单向通信,但是,当然该原理可以等同地使用在使用双向通信的情况下。

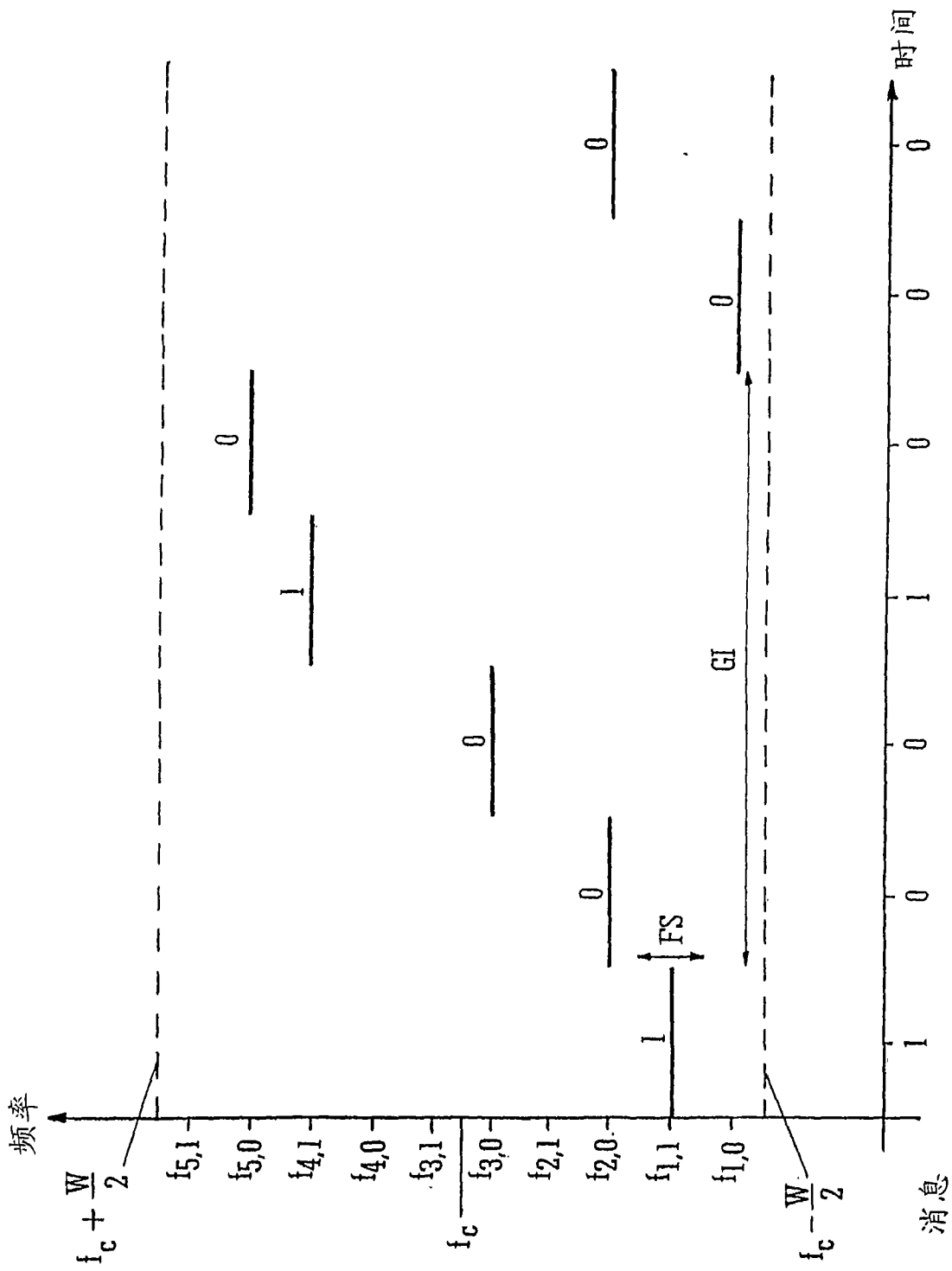


图 1

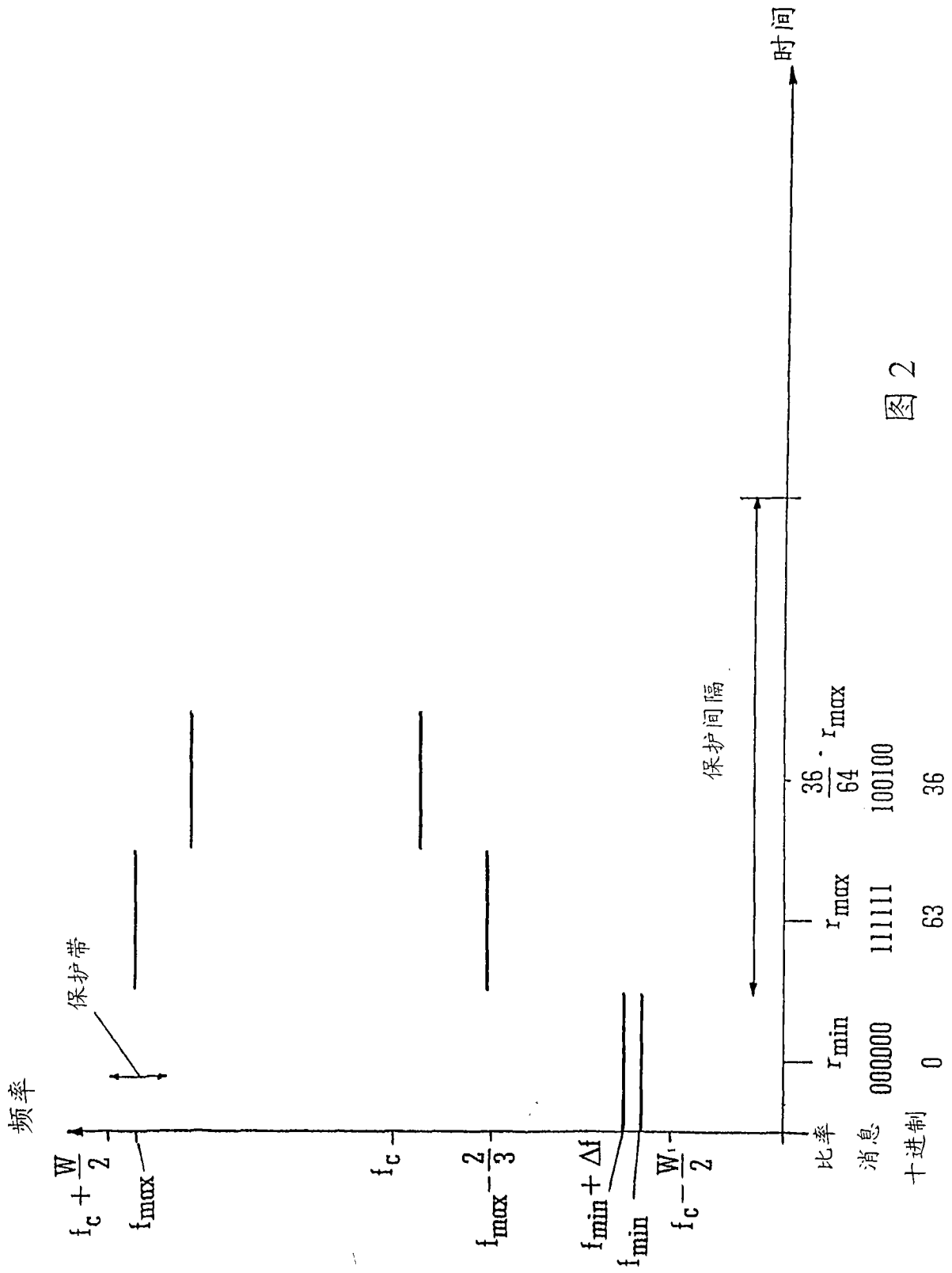


图 2

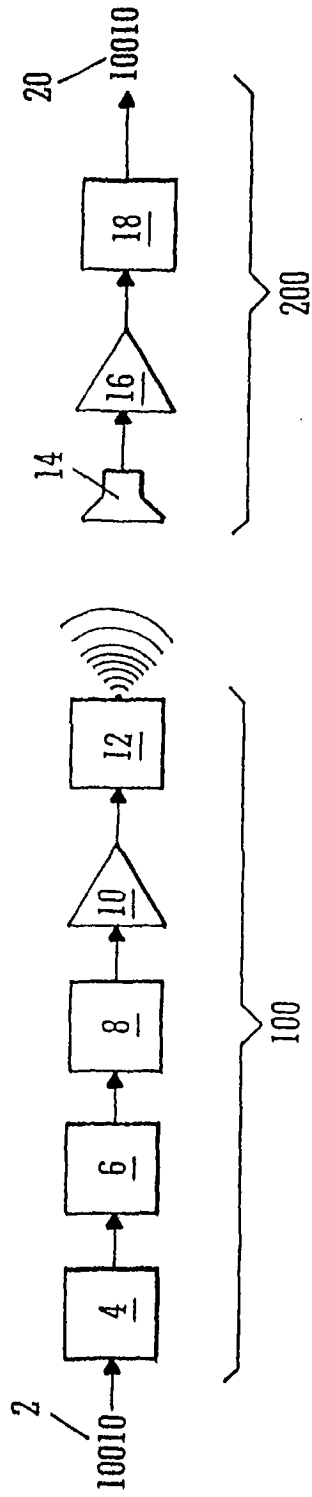


图 3

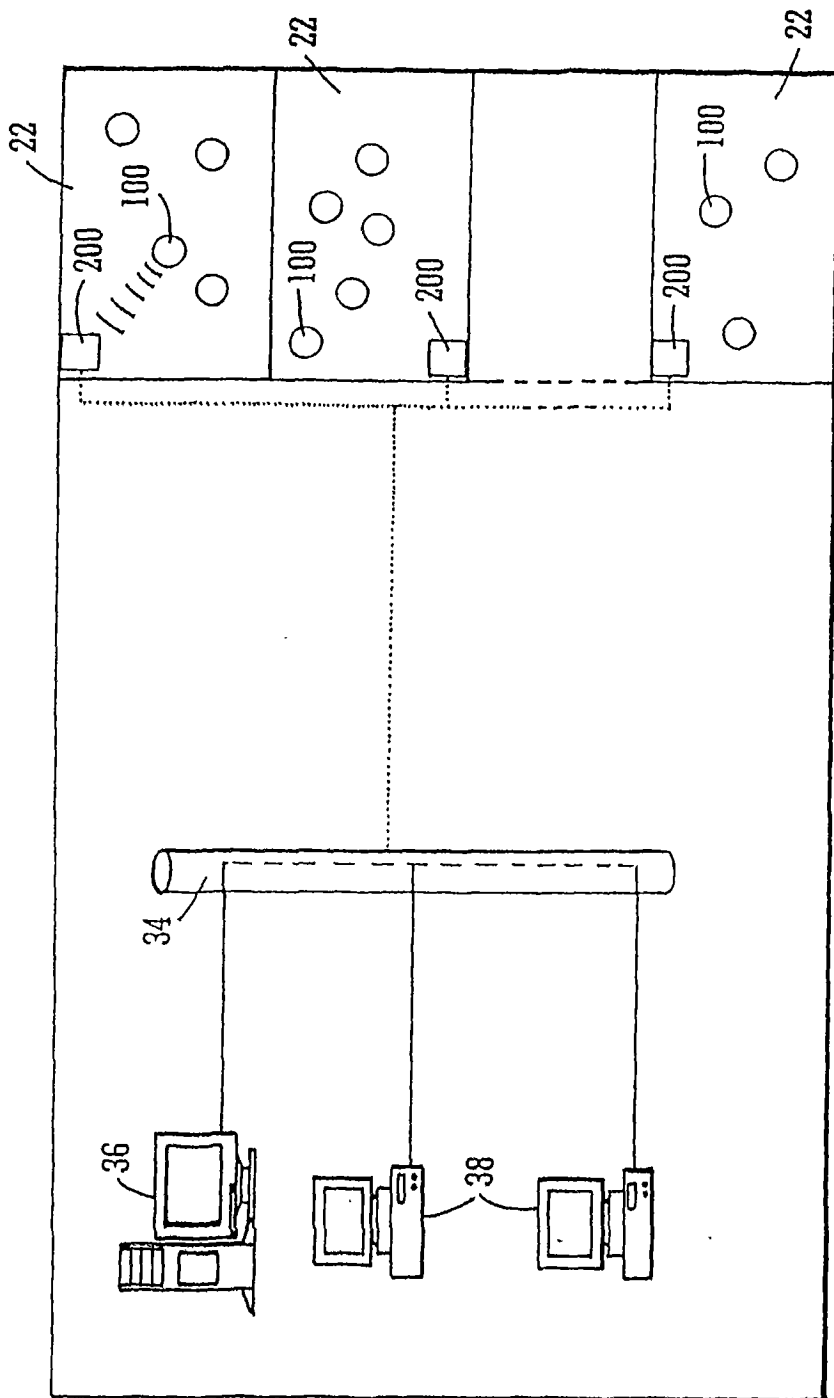


图 4