



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1698332 B

(45) 授权公告日 2010.04.28

(21) 申请号 200480000177.6

(22) 申请日 2004.03.03

(30) 优先权数据

60/451,442 2003.03.03 US

10/426,576 2003.04.30 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2004.11.03

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2004/002686 2004.03.03

(87) PCT申请的公布数据

W02004/080021 EN 2004.09.16

(73) 专利权人 三菱电机株式会社

地址 日本东京

专利权人 锡南·盖齐吉

小林久志

H·文森特·普尔

(72) 发明人 安德瑞斯·毛利茨 锡南·盖齐吉

小林久志 H·文森特·普尔

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所 11038

代理人 马浩

(51) Int. Cl.

H04L 27/00(2006.01)

H04B 1/69(2006.01)

(56) 对比文件

WO 9641432 A1, 1996.12.19, 全文.

CN 1235442 A, 1999.11.17, 全文.

CN 1279855 A, 2001.01.10, 全文.

CN 1278376 A, 2000.12.27, 全文.

审查员 封展

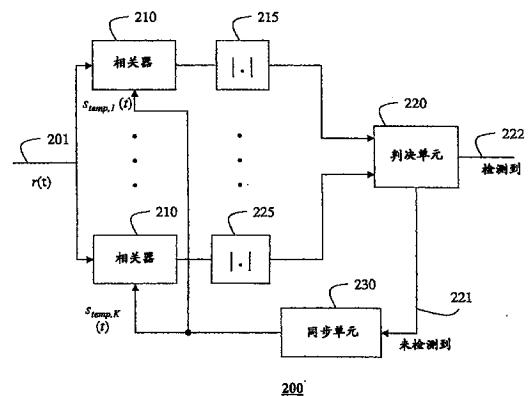
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 发明名称

用于捕获一个接收到的脉冲无线电信号的方法和系统

(57) 摘要

一种方法和系统,它们通过用多个时移模板信号来相关一个接收脉冲无线电信号的一个包括多个单元的区域,从而捕获接收脉冲无线电信号,其中每个模板信号具有不同的延时以为每个模板信号获得一个相关值。所述多个相关值被平均,并且选择与一个特定模板信号相关联的一个特定延时,以定位区域中的一个信号单元,其中所述特定模板领带在所述多个连续平均值之差中有一个显著的增加。



1. 一种用于捕获一个接收脉冲无线电信号的方法,包括:

用多个模板信号来相关所述接收脉冲无线电信号的一个包括多个单元的区域,每个模板信号具有不同的延时以为每个模板信号获得一个相关值;

平均多个所述相关值;

确定多个所述相关值的连续平均值之间的差值;以及

选择与一个特定模板信号相关联的一个特定延时,以便定位区域中的一个信号单元,其中所述特定模板信号在多个所述连续平均值之差中有一个显著的增加,并且在相应块中连续搜索输出的任何一个超过了阈值。

2. 权利要求 1 的方法,其中接收脉冲无线电信号被表示为

$$r(t) = \sum_{j=-\infty}^{+\infty} \sum_{l=1}^L \alpha_l s_j w_{rec}(t - jT_c - \tau_l) + \sigma_n n(t)$$

其中  $t$  是时间,  $\alpha_l$  是幅度系数,  $s_j$  是一个相应的发射脉冲无线电信号,  $\tau_l$  是第  $l$  个多径成分的延时,  $w_{rec}$  是一个接收脉冲,而  $\sigma_n n(t)$  是具有单位功率谱密度的白高斯噪声,  $T_c$  是最小可分解路径间隔。

3. 权利要求 2 的方法,其中所述模板信号为

$$s_m^{(c)}(t) = \sum_{n=jN_f}^{(j+m)N_f-1} S_n w_{rec}(t - nT_c)$$

其中  $S_n$  是序列,  $N_c$  是  $N/N_f$  的比值,  $N$  是不确定区域中的单元数目,  $N_f$  是表示一个信息符号的脉冲数目,  $n$  是所述信号中的脉冲数目,  $m$  是与所述区域相关联的一个相关间隔上的脉冲数目。

4. 权利要求 1 的方法,其中所述区域与所述多个模板信号的相关是并行执行的。

5. 一个用于捕获一个接收脉冲无线电信号的系统,包括:

相关器,用于用多个模板信号来相关所述接收脉冲无线电信号的一个包括多个单元的区域,其中每个模板信号具有不同的延时以为每个模板信号获得一个相关值;

用于平均多个所述相关值的装置;以及

用于选择与一个特定模板信号相关联的一个特定延时,以定位区域中的一个信号单元的装置,其中所述特定模板信号在多个所述连续平均值之差中有一个显著的增加,并且在相应块中连续搜索输出的任何一个超过了阈值。

## 用于捕获一个接收到的脉冲无线电信号的方法和系统

### 技术领域

[0001] 本发明大体上涉及脉冲无线电信号,尤其涉及捕获超宽带信号。

### 背景技术

[0002] 在解调一个接收到的超宽带 (UWB) 信号之前,必须将一个模板信号与接收到的信号对齐。对齐的目的是为了确定接收到的信号相对于模板信号的相对延时。此过程被称为信号捕获 (signal acquisition)。

[0003] 通常,对齐是通过在一个不确定的区域中对单元的多个可能延时进行连续的搜索来进行的,参见纽约 McGraw-Hill 出版社 1994 年的 Simon 等所著的“扩展频谱通信手册”。其中相对于时间的每个不同的搜索位置,即时间间隔,被称为一个单元。如果信号存在于一个延时位置中,则该单元被称为一个信号单元。在该方法中,接收到的信号与模板信号相关,并且一个相关的输出与一个阈值相比较。如果输出低于阈值,则模板信号被移动某个时间量。移动的时间量通常对应于一个可分解的路径间隔。然后此信息被用于重复所述相关,直到输出超过阈值。

[0004] 如果相关输出来自信号路径和模板信号对齐的情况,则它被称为一个信号单元输出,否则它被称为一个非信号单元输出。当一个非信号单元输出超过阈值时,发生一个虚假警报。在该情况下,时间  $t_p$  流逝直到搜索恢复。此时间被称为虚假警报的惩罚时间。

[0005] 由于 UWB 信号的短时间分辨率,对所有延时位置的连续的搜索都花费较长的时间。因此,对齐方法必须是迅速的,以降低分配给 UWB 信号捕获的时间。

[0006] 一个连续搜索的平均捕获时间正比于不确定区域中的单元数目  $N$ ,对于较大的  $N$  值,请参考 1984 年 5 月的 IEEE 通信学报 COM-32 卷 542-549 页的 Polydoros 等人所著的“一种连续搜索展开频谱代码捕获的统一方法 - 第一部分:一般理论”。图 3 以一般的形式显示了现有技术中对具有一个模板 301 的不确定区域 300 的连续单元搜索的基本操作。

[0007] 因此,需要一种方法和系统,能够以短于已知的现有技术的连续搜索技术的时间来捕获 UWB 信号。

### 发明内容

[0008] 在脉冲无线电通信系统中,例如超宽带 (UWB) 通信中,接收到的无线电信号在被解调之前必须先被捕获。由于 UWB 信号的窄脉冲的非常短的时间分辨率,必须搜索相当多个可能的信号位置,即多个延时,以便捕获接收到的信号。由于此原因,快速信号捕获对于脉冲无线电通信是非常重要的。

[0009] 使用一个第一模板信号,根据本发明的一个顺序块搜索方法 (SBS) 首先确定一个相对于时间的小区域,接收到的信号单元可能存在于其中。然后用一个第二模板信号更加详细地搜索此区域以便找出信号的确切延时。

[0010] 接收到的信号与第一模板信号的相关有效地增加了某些单元输出。然后该结果被用作一个标准,以确定该区域大体上是否包含信号单元。

[0011] 如果区域的相关输出超过一个指定的阈值,则用第二模板信号对该块进行详细地连续搜索。

[0012] 顺序块搜索和连续单元搜索步骤的相关间隔不必相同。实际上,通常选择长得多的块搜索的相关间隔,以便以较大的概率找出正确的块。

[0013] 在哈西非视距 (NLOS) 情况下,有多个多径,这使得信号捕获更具有挑战性。如果第一路径或者前几个路径需要在这种情况下被捕获,则可使用一个根据本发明的平均块搜索方法。在此方法中,多个连续搜索输出被平均,并且连续的平均值之间的增量与一个阈值相比较,以检测接收到的信号的开始边缘。

[0014] 如果平均值有显著增加,则引起该增加的单元的输出被进一步搜索,以确定接收到的信号的第一路径。

#### 附图说明

[0015] 图 1 是根据本发明的一个顺序块搜索方法和系统的一幅框图;以及

[0016] 图 2 是根据本发明的一个平均块搜索方法和系统的一幅图。

#### 具体实施方式

[0017] 信号模型

[0018] 在一个二进制相移键控随机跳时脉冲无线电 (TH-IR) 系统中,发射的信号可由以下模型表示:

[0019]

$$S_{tr}(t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} d_j^* b_{\lfloor j/N_f \rfloor} w_{tr}(t - jT_f - c_j^* T_c), \quad (1)$$

[0020] 其中  $w_{tr}$  是发射的单位能量脉冲,  $T_f$  是平均脉冲重复时间,  $N_f$  是表示一个信息符号的脉冲数目,而  $b$  是发射的信息符号,即 0 或 1。

[0021] 为了使信道被许多用户使用,并且避免灾难性的冲突,向每个用户分配了一个伪随机序列  $\{c_j\}$ 。此序列被称为跳时 (TH) 序列。TH 序列向信号的第  $j$  个脉冲提供了一个附加的时移  $c_j T_c$  秒,其中  $T_c$  有时被称为片间隔。为防止脉冲交迭,片间隔被选择为满足  $T_c \leq T_f/N_f$ 。

[0022] 我们考虑编码的 IR 系统,其中  $d_j$  是二进制随机变量,并且对于  $i \neq j$ ,  $d_i$  和  $d_j$  是独立的,以 1/2 的概率取  $\pm 1$  中的一个值,参见 2002 第 40 届 Allerton 通信控制与计算年会中 Fishler 等所著的“两类处理增益之间的折衷”。此系统可被视为一个  $T_f = T_c$  的随机-码分复用无线电信号 (RCDMA) 系统。在此情况下,  $N_f$  表示处理增益。

[0023] 我们定义一个序列  $\{s_j\}$  如下

[0024]

$$s_j = \begin{cases} d_{\lfloor j/N_f \rfloor} & j - N_f \lfloor j/N_f \rfloor = c_{\lfloor j/N_f \rfloor} \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

[0025] 然后,假设  $T_f/T_c = N_c$ ,不失一般性,方程 (1) 可被表示为

[0026]

$$S_{tr}(t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} s_j b_{[j/N_f N_c]}^k w_{tr}(t - jT_c). \quad (3)$$

[0027] 我们假设在捕获阶段没有完成数据调制,即  $b_{[j/N_f N_c]}^k = 1 \forall j$ 。在此情况下,在一个单用户系统的平缓衰减信道上接收到的信号可被表示为

$$r(t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} s_j w_{rec}(t - jT_c - \tau) + \sigma_n n(t) \quad (4)$$

[0029] 其中  $w_{rec}(t)$  是接收到的 UWB 脉冲,而  $n(t)$  是具有单位功率谱密度的白高斯噪声。此模型大致表示了视距 (LOS) 情况,具有一个较强的第一分量。

[0030] 一个不确定区域中的单元数目取为  $N = N_f N_c$ 。这些单元中的一个为信号单元,而其他的是非信号单元。

[0031] 模板信号

[0032] 假设没有为捕获而进行的数据调制,则用于一个方程 (3) 中的信号模型的连续搜索中的模板信号可被表示如下:

$$s_{m_2}^{(c)}(t) = \sum_{n=jN_c}^{(j+m_2)N_c-1} s_n w_{rec}(t - nT_c) \quad (5)$$

[0034] 其中  $m_2$  是脉冲数目,在这些脉冲上进行相关。

[0035] 顺序块搜索

[0036] 对于一个根据本发明的顺序块搜索 (SBS),有两种不同的模板信号。第一模板信号用于搜索一个单元块,而第二模板信号与连续搜索中使用的模板信号相似。

[0037] 用于方程 (3) 中描述的信号模型的第一模板信号可表示如下:

$$s_{m_1}^{(b)}(t) = \sum_{i=0}^{K-1} \sum_{n=jN_c}^{(j+m_1)N_c-1} s_n w_{rec}(t - nT_c - iT_c - (b-1)KT_c) \quad (6)$$

[0039] 其中  $B$  是不确定区域中的块的总数目,每个块包括  $K$  个单元,并且其中  $m_1$  是脉冲数目,在这些脉冲上进行相关。为了简便,假设不确定单元的总数目可表示为  $N = KB$ 。值  $T_c$  被取为最小可分解路径间隔。

[0040] 接收信号和方程 (6) 中的第一模板信号的相关输出被用作一个快速测试,以检查整个块是否包含一个信号单元。然后接收信号与第二模板信号的相关输出被用于一个块的详细搜索中。

[0041] 当前被搜索的块的索引为  $b$ ,最初  $b = 1$ 。然后 SBS 方法可被描述如下:

[0042] 1) 用第一模板信号  $s_{m_1}^{(b)}(t)$  来检查第  $b$  块。

[0043] 2) 如果第  $b$  块的输出不高于一个块阈值  $\tau_b$ ,则转至步骤 6。

[0044] 3) 如果第  $b$  块的输出高于块阈值  $\tau_b$ ,则更详细地搜索该块,即用第二模板信号  $s_{m_2}^{(c)}(t)$  以一个信号阈值  $\tau_s$  来逐单元连续搜索。

[0045] 4) 如果在块中未检测到信号单元,则转至步骤 6。

[0046] 5) 如果在块中检测到信号单元,则完成。

[0047] 6) 设置  $b = (b \bmod B) + 1$  并转至步骤 1。

[0048] 当连续搜索部分中发生一个虚假警报 (FA) 时,在  $C$  个时间单元后从下一单元继续进行搜索,该  $C$  个时间单元是按照帧时间计算的惩罚时间。

[0049] 在步骤 5 中，“检测到信号单元”意味着信号单元输出超过信号阈值  $\tau_s$ 。同样地，在步骤 4 中，“未检测到信号单元”意味着信号单元不在块中，或者即使单元在块中，但是单元的输出低于信号阈值  $\tau_s$ 。

[0050] 图 1 显示了 SBS 方法。接收到的信号 101 与方程 (6) 的第一模板信号相关 110，并且输出 111 与块阈值  $\tau_b$  相比较 120。

[0051] 如果块阈值不被超过 121，则判决单元使一个同步单元 130 调整 131 第一模块信号的延时，并且进行与接收信号的另一次相关 110。

[0052] 当块输出 111 高于块阈值  $\tau_b$  时，采用方程 (5) 中的第二模板信号，并且连续搜索块中的单元。换句话说，判决单元 120 将输出与阈值相比较，并且确定信号是被检测到 122，还是没有被检测到 121，同时同步单元 130 调整 131 模板信号的延时，并且将相应的模板信号发送到所述相关单元。

[0053] 平均块搜索

[0054] 在哈西 NLOS 情况下适宜采用平均块搜索方法。此方法背后的基本概念是使用多个连续相关输出的一个平均值，以便观察输出值的显著增加。此增加表示信号单元的开始。在此情况下，接收到的信号表示为：

$$[0055] \quad r(t) = \sum_{j=0}^{\infty} \sum_{l=1}^L \alpha_l s_j w_{rec}(t - jT_c - \tau_l) + \sigma_n n(t) \quad (7)$$

[0056] 其中  $a_l$  是幅度系数，而  $\tau_l$  是第  $l$  多径成分的延时。

[0057] 考虑接收信号与以下模板信号的相关输出：

$$[0058] \quad s_m^{(c)}(t) = \sum_{n=jN_c}^{(j+m)N_c-1} s_n w_{rec}(t - nT_c) \quad (8)$$

[0059] 如果这些相关结果的绝对值为  $z_1, \dots, z_N$ ，则我们可以定义

$$[0060] \quad w_i = \frac{1}{K} \sum_{j=iK+1}^{(i+1)K} z_j \quad (9)$$

[0061] 假设  $N = KB$ 。

[0062] 令  $i$  为当前搜索的平均块的索引，最初  $i = 0$ 。则 ABS 方法可被描述如下：

[0063] 1) 检测连续平均  $w_{i \bmod B} - w_{(i-1) \bmod B}$  之差。

[0064] 2) 如果差值不高于一个第一阈值  $\tau_a$ ，则转至步骤 6。

[0065] 3) 如果差值高于  $\tau_a$ ，则连续检查  $z_{(i \bmod B)K+1}, \dots, z_{(i \bmod B+1)K}$ ，与一个第二阈值  $\tau_c$  相比较。

[0066] 4) 如果未检测到信号单元，则转至步骤 6。

[0067] 5) 如果检测到一个或多个信号单元，则完成。

[0068] 6) 设置  $i = (i+1) \bmod B$ ，并转至步骤 1。

[0069] 图 2 显示了 ABS 方法和系统 200。在此实施方式中多个相关器 210 平均单元 215 被并行使用。一个接收信号  $r(t)$  201 首先与具有不同延时的一个第一模板信号相关 210。然后这些相关的绝对值被平均 220 并且被判决单元与先前的平均值相比较 230。如果所述平均值有显著增加，并且在相应块中连续搜索输出的任何一个超过阈值，则信号被检测到 231。

[0070] 如果未检测到 232, 则同步单元 240 调整模板信号的延时, 然后再次进行同样的步骤。

[0071] 注意即使框图被显示为具有 K 个相关器和平均单元的情况, 本方法和系统也可只用一个相关器实现。在此情况下, 判决单元可通过存储单个相关器的预定数目个输出来进行平均和比较任务。

[0072] 发明效果

[0073] 根据本发明的顺序块搜索方法提供了一种快速地找到一个 UWB 信号的一个信号单元的位置的方法。首先, 本发法快速确定信号单元可能存在的一个较小的区域。然后, 它详细搜索该区域以找出信号的确切位置。通过这种方式, 可显著降低捕获 UWB 信号的时间。实际上, 对于较大的信噪比, SBS 方法的平均捕获时间与 N 的平方根成比例。相反, 现有的连续搜索技术的平均捕获时间正比于一个不确定区域中的单元数目。对于实际值, 使用 SBS 方法的捕获时间约为连续搜索平均捕获时间的一半。

[0074] 在哈西多径情况下, 一个平均块搜索减少了捕获时间, 因为在某些 NLOS 情况下, 连续搜索输出的平均值更可靠地检测到信号的开始。通过这种方式, 单个输出的瞬时增加被平滑了, 从而降低了虚假警报的频率。应注意到本发明也可用于直接序列 - 码分复用 (DS-CDMA) 系统中。

[0075] 虽然已经通过首选实施方式例子的方式描述了本发明, 但应该注意到可在本发明的精神和范围内做出多种其他改编和修改。因此, 附录的权利要求书的目的是覆盖所有这些在本发明的真正精神和范围内的变体和修改。

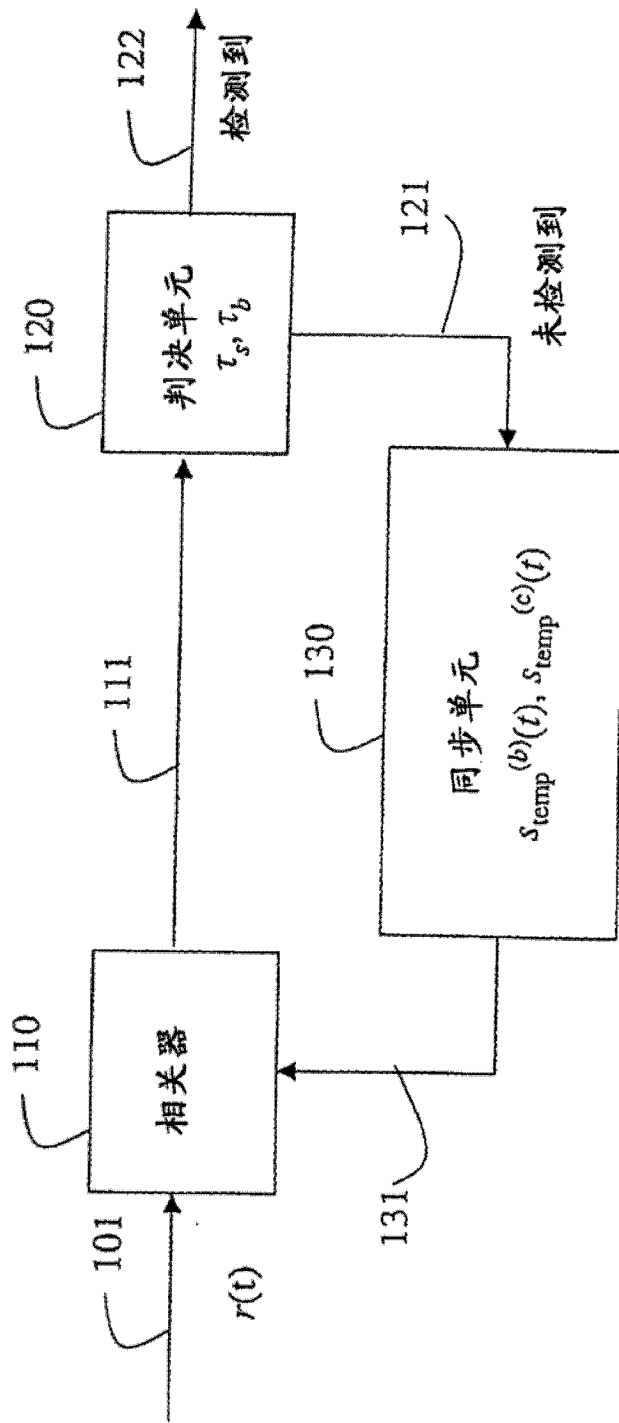


图 1

100



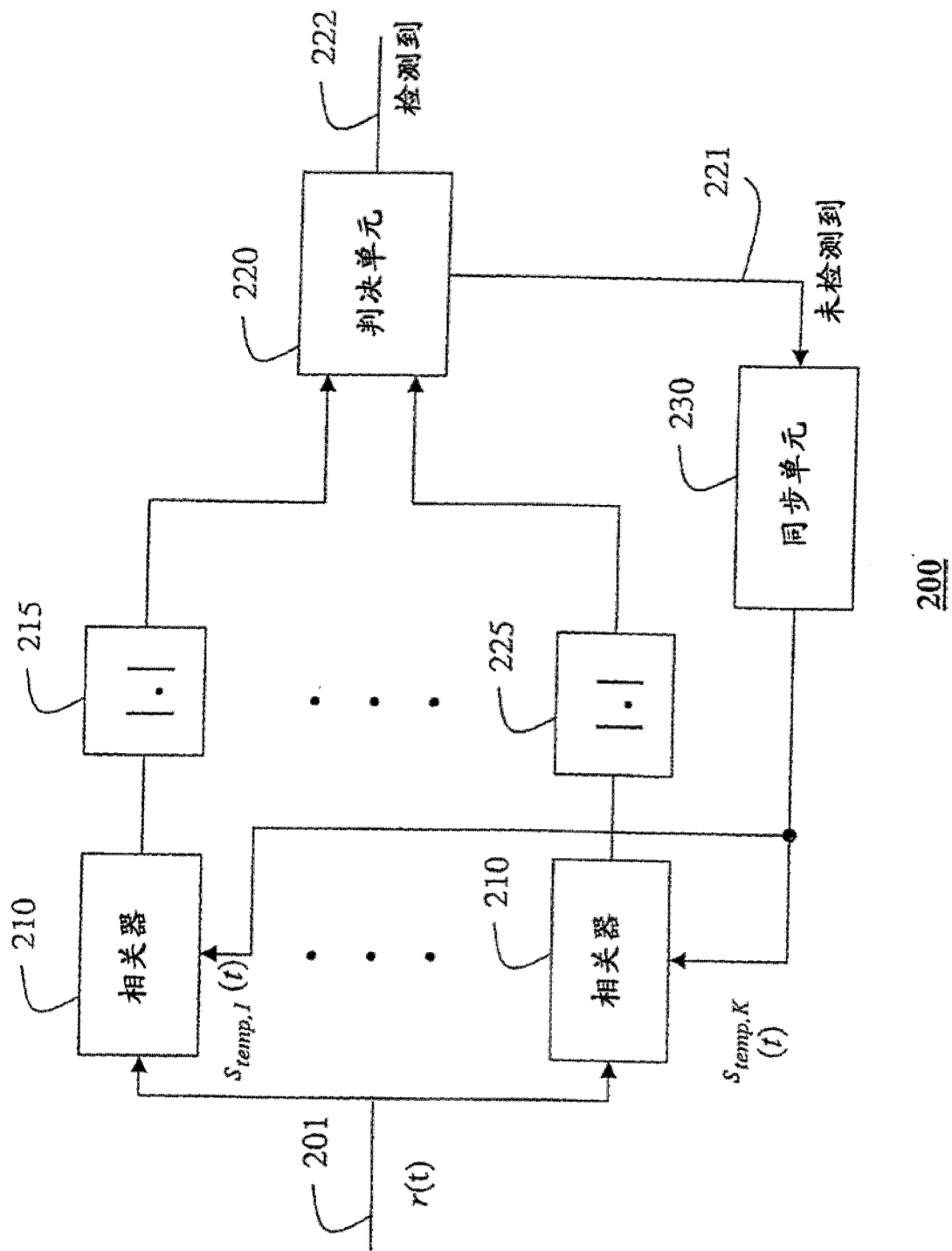


图 2