

一种短波移动信道的跳频同步系统

汤汉屏

(空军工程大学 电讯工程学院, 陕西 西安 710077)

摘要:给出了一种基于自相关原理的跳频信号自适应同步系统,为使该跳频同步系统能适应短波移动信道,采用了短积分时间、串行捕获、多态锁定的同步方案,它能克服短波移动信道中衰落、多用户干扰及其它人为干扰对同步系统产生的影响,能在较强的干扰及较深的衰落条件下稳定工作。同时也给出了多态锁定的状态控制策略,对它的作用作了较详细的论述。

关键词:短波;跳频;同步

中图分类号:TN914.41 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2001)03-58-61

由于电离层引起的多径和衰落效应的影响,加上短波信道干扰密集,所以短波通信的质量常常难于保证,表现为误码率较高,可通率不能令人满意。但是因为短波通信具有机动性好,抗毁能力强,造价低等优点,所以从80年代起西方国家率先在短波通信质量改进方面做了大量工作,并取得了突破性进展,短波通信中跳频的实用化就是一项重大成果。针对短波通信当今的发展形势,加强对短波跳频通信的理论和实验研究,无疑是一项十分必要的工作。本文就实现移动式短波跳频通信的一些关键问题——自适应同步问题、环境对同步的影响问题及对策作些讨论。

1 自适应同步的优点及在短波跳频通信中的可用性

短波跳频通信是扩谱通信中的一种特殊形式。跳频扩谱信号作为伪随机调制技术的产物,由于它容易实现固有的频率多样性,从而可获得优良的抗干扰性能而具有魅力。因此跳频通信已成为扩谱通信中的一个重要组成部分。短波跳频通信正是跳频通信的一种实际应用。在跳频通信系统的发射端,伪随机码序列通过控制频率合成器来对载频切换,这样发射机将发射一个载频随机跳变的已调制信号。在接收端有一个与发射端完全一致的伪随机序列,它也用来切换频率合成器的输出频率,当收、发双方的伪随机码序列完全同步时,被接收信号中的频率跳变被消除,并被恢复成原始基带信号,从而完成解跳^[1-2]。很显然,确保跳频通信正确无误的关键之一是要解决收发双方伪随机码信号的同步问题。

跳频通信系统同步的实现方法有多种,但自适应同步(自同步)法更具优点,不妨将其与熟知的标志同步法(字头同步法)作一些比较。标志同步法的核心是把一组代表同步信息的特殊码字周期地或非周期地插入跳频指令序列中,接收端根据插入的同步码字的特点,加以识别并实现同步。而自(适应)同步法,则是直接从接收到的跳频信号中提取相关信息,实现同步。

从信号检测的角度看,跳频信号的检测是一种相关(似然率)检测^[3]。处理增益是相关系数的函数,所以在跳频通信的收端应最大限度地获取与接收信号的相关性,以有利于获取较大的有效处理增益。而在发端应最大限度地提高信息的传输效率,即应考虑使为获得同步而引起的不含消息的功率限制在最低水平。如果用标志同步法,信息功率的损失是不可避免的,这就导致信息传输功率的下降。采用自适应同步法不需要发射同步码字,因此完全避免了信息功率的损失,提高了发射机信息的传输效率。

由于移动式短波通信是经常在具有较强的噪声、干扰及衰落的信道中进行的,因而标志同步法中采用的同步码字的接收常有被破坏的危险,一旦这种事件发生,同步就无法建立。因而存在同步中断或失效的巨大

危险,所以标志同步法在移动式短波跳频通信中不是优选的方案。而自适应同步法可根据相关原理直接从接收信号中提取同步信息,只要跳频信号本身的自相关性设计得当,周密设计的自适应同步系统可以抗拒恶劣的环境(深衰落、强干扰)对通信的影响。另外,采用自适应同步后不再发射具有某种特性的同步码字,而在通信的隐蔽性方面也将优于标志同步法^[4]。

综上所述,自适应同步法在信息传输效率、适应移动信道恶劣环境等方面有明显的优点,从而可在移动式短波跳频通信系统中获得应用。

2 一种跳频自适应同步系统方案

跳频系统的自适应同步包括捕获与跟踪两个过程。跳频信号的捕获与跟踪都是随机过程,因此捕获及跟踪信息实际上可认为是一种模糊信息,我们不能确切地知道系统每时每刻的捕获及跟踪的情况,而只能通过宏观统计确定是否处于捕获或跟踪状态以及跟踪得如何等等,其判据是相关性。取不同的相关性系数作为捕获或跟踪的判据,就有不同标准的捕获或跟踪。所以我们说系统进入捕获或跟踪状态是指符合某一相关性要求条件下的,而且是统计意义上的捕获或跟踪。^[5-6]

根据跳频通信系统中接收信号与本地信号码序列典型的相关特性(见图1(b)),我们在选定门限 V_T 的条件下,设置某一相关系数 r_c 作为捕获的判据。当平方律包络检波输出经积分后超过 V_T 时,判决电路就输出脉冲(见图1(a)中所示的跳频信号捕获判决方框图)。在某一观察期内超过 V_T 的次数应为跳频次数的 αr_c 倍(α 为一系数),这样通过测定超过 V_T 的次数,就可确定捕获是否已实现。如超过 V_T 的次数达不到捕获要求,则判决装置启动控制逻辑,改变本地跳频信号的跳速及相位,直到符合相关性要求。

控制并改变本地跳频信号的跳速及相位,实现捕获所需的时间,取决于捕获方式,搜索捕获法有利于缩短捕获时间,搜索捕获的简化方框图如图2所示。

捕获一旦实现,自适应同步应进入跟踪状态,进一步细调钟源,继续减小接收信号与本地信号之间的相(时)差。

跟踪环可采用图3所示的形式。其中E-L门,执行接收信号与本振信号之间相位(时间)关系的判定,并产生误差信号,经积分(滤波)后控制钟源。

跟踪环的鉴别特性如图4所示。由此特性可知当 $S_o(t)$ 滞后 $S_R(t)$ 时, $e(t) > 0$ 使钟源(VCO)的速率增加,进而 $S_o(t)$ 在原有的基础上超前,直至 $S_o(t)$ 与 $S_R(t)$ 的时间误差 T 趋于零。如 $S_o(t)$ 超前 $S_R(t)$ 则 $e(t) < 0$,使钟源速率下降,使 $S_o(t)$ 在原有的基础上滞后,直至 T 趋于零。所以进入跟踪状态后不管 $S_o(t)$ 与 $S_R(t)$ 的初始时间误差 T 的大小和符号如何,最终可使 T 趋于零,即进入锁定状态。

由于上述同步系统中门限 V_T 是否被超过是与包络检波器的输出密切相关的,因此当信号包络受到干扰或受衰落效应影响时,即使当时处在跟踪状态,仍然有可能在一段时间(隙)内门限 V_T 不能被超过。如果这时系统立即转入搜索捕获状态,那么必将导致失步误判,造成不必要的错误动作和系统失效。为了避免这种情况出现,有必要设置状态转移逻辑,状态转移过

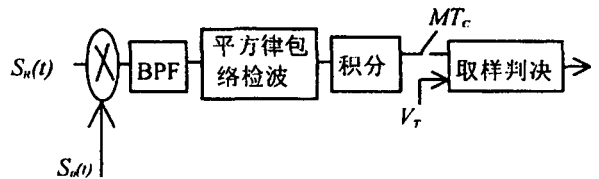


图1(a) 跳频信号捕获判决方框图

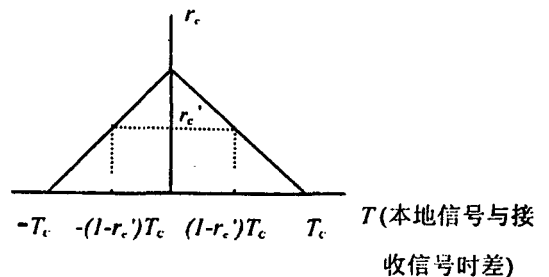


图1(b) 跳频接收信号与本地信号之间的相关特性

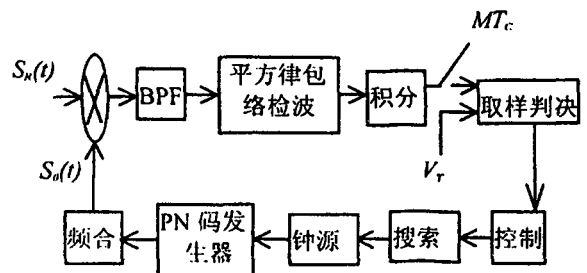


图2 搜索捕获简化方框图

程,实际上是失步的延时检测,其目的是通过状态转移过程(延时阶段),延时并暂时吸收失步信息,从而不引发搜索指令,以便有足够提前时间对系统是否真正失步进行进一步观察,从而为排除失步误判及同步系统的错误动作提供了可能。失步的“真”、“伪”判决就取决于状态转移的结果,如状态转移不能达到最后一个状态,搜索就不会出现,这时“伪”失步信息就被吸收,也就是说虽偶然检测到失步信息,但不能代表系统失步。如状态转移能达到最后一个状态,那就表示系统真正处于失步状态,这时同步系统发出搜索指令,返回搜索。

综上考虑,本文给出了一种串行捕获跟踪多态锁定适应同步系统方案(见图5)。

图5中带宽控制部分执行对积分滤波进行带宽(积分时间)的分级控制,实现跟踪环可以在各种不同的带宽下锁定,即多态(模)锁定,以便实现在不破坏同步现状的情况下进行状态转移。

状态转移(控制)策略如图6所示。该策略表示当未检测到相关性符合要求(同步失检)时,同步系统依次从锁定状态向锁定状态 n 转移,如到达 n 状态则转向搜索捕获,如到锁定状态 n 之前就检测到相关性符合要求(同步获检),则状态转移(控制)逻辑指令系统返回锁定状态。

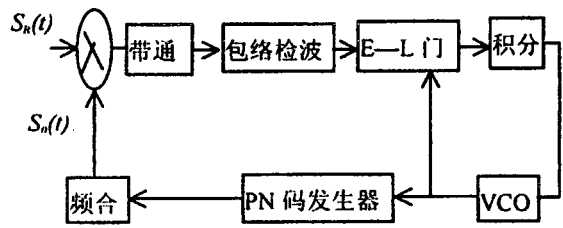


图3 跟踪环方框图

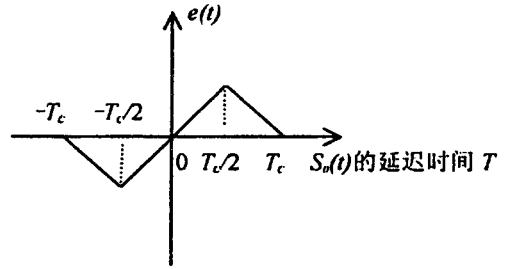


图4 跟踪环的鉴别特性

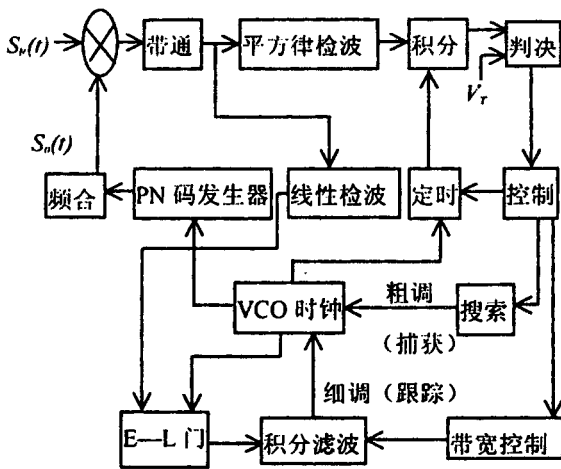


图5 串行捕获跟踪多态锁定自适应同步方案

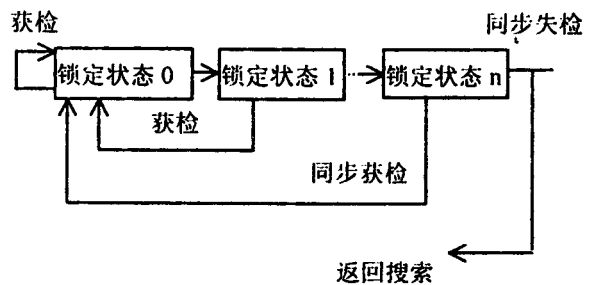


图6 状态转移策略

3 结论

短波移动信道可看成包括衰落、多元接收(多个跳频电台同时入网工作)及人为干扰的复合模型。由于本方案采用了串行捕获跟踪、多态锁定的自适应同步方案,所以即使在较深的衰落及较强的干扰条件下,本同步方案构成的系统能稳定工作。本方案尤其在抗衰落方面有明显的优点,即使在深度衰落的情况下,只要适当设置状态数 n ,就能使系统保持良好的同步。另外,如要使同步系统反应更为敏捷,适应快衰落环境,可在捕获过程中选择短积分时间。

参考文献:

- [1] Dixon R C. Spread Spectrum Systems[M]. New York: John Wiley, 1976.
- [2] Scholtz R A. The Spread Spectrum Concept [J]. IEEE Trans Commun, 1977, 25(8). 748 - 755.
- [3] Hopkins P M. A Unified analysis of Pseudonoise Synchronization by envelope correlation[J]. IEEE Trans Commun 1997, 25(8): 770 - 778.
- [4] 蒋锦星, 应星瑜. 军事通信系统原理[M]. 西安: 西北电讯工程学院出版社, 1985.
- [5] Putman C A. A comparison of Schemes for Coarse acquisition of frequency hopped Spread spectrum Signals[J]. IEEE Trans commun, 1983, 31(2): 183 - 189.
- [6] Yegmci P. FH - MFSK Multiple - Access Communication Systems in Factory Environment[J]. IEEE Trans vehicular Technology, 1993, 42(2): 148 - 155.

A Frequency - hopping Synchronization System Used in Shortwave Mobile Channels

TANG Han - ping

(The Telecommunication Engineering Institute of the Air force Engineering University, Xi'an 710077, China)

Abstract: An adaptive synchronization system based on auto - correlation principle for frequency - hopping signals is presented. In order to adapt this system to shortwave mobile channels, the synchronization scheme for short integral time, serial acquisition tracking and multistate lock is used. This scheme can overcome the influence on synchronization system due to fading, multiuser and other man - made interferences in shortwave mobile channels and can stably operate under the conditions of stronger interference and deeper fading. Also the state control strategy for multistate lock is presented and its function is described in detail.

Key words: shortwave; frequency - hopping; synchronization