

一种帧同步及载波相偏估计方法

赵东晔¹, 向新^{1,2}, 杨宝强³

(1. 空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038; 2. 西安电子科技大学 ISN 国家重点实验室, 陕西 西安 710071; 3. 空军工程大学 训练部, 陕西 西安 710051)

摘要:提出了一种新的帧同步及相偏估计方法,并给出了系统实现的方案。在保证信道利用率的前提下,利用在正交信道中传送小功率的确定帧同步信号作为辅助信息。该方法极大地简化了相偏的计算,仿真结果表明,该方法性能良好。

关键词:载波同步;相偏;帧同步

中图分类号:TN91 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2004)05-0064-03

通信中由于复杂的信道特性以及接收起始时刻的不确定性必然带来载波相位偏差,这种误差对相位调制系统所造成的影响是极为明显的。在数字接收机中一般采用开环方式实现载波误差的消除,如最大似然算法^[1]等。但是这些算法往往较为复杂而难以实现^[2-3]。因此,本文提出一种可以大大简化算法复杂度的方案,利用与信息信道正交的信道发送周期性的帧同步信号,不仅实现了帧同步功能,而且以该信号为参照,可很好地实现相偏计算。

1 算法的推导

下面,以 BPSK 信号为例对此进行说明。

1.1 发射信号

发射端由两路构成,同相支路 I 用于传输信息,将信息码表示为 $f(n)$ 。正交支路 Q 用于传输必要的同步信息,该同步信息为周期性同步扩频码,表示为 $p(n)$,两路信号分别用正交载波调制后发送。其中, m 为同步信道功率控制参数。出于提高信道功率利用率及在接收端可靠获得同步信息的考虑,必须适当选取 $m < 1$ 的值。

发送端信号表示为

$$C(m) = f(n) \cos(\omega n + \gamma) + mp(n) \sin(\omega n + \gamma) \quad (1)$$

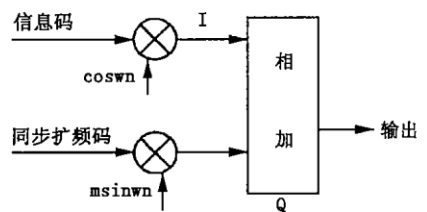


图1 发射端原理框图

1.2 帧同步、位同步计算

伪码是信息码的帧同步信号,在接收端首先实现同步伪码的接收,实现帧同步,它与一般的扩频信号接收相同,方法较多^[4],在此不做论述。在获得帧同步之后,位同步由帧同步分频即可以得到。

1.3 相偏的计算

在接收端,为简单起见,设接收载波初始相位为零,则接收端的信号序列为

$$R(n) = k[f(n) \cos \omega n + mp(n) \sin \omega n] \quad (2)$$

式中 k 为增益因子。

令接收信号与接收端本地正交载波相乘解调,本地载波相偏为 φ ,不考虑频偏 $\Delta\omega$ 。

接收端采用正交下变频后分成 I 和 Q 两路,分别进行处理, I 路见式(3)。通过 LPF 得到式(4)。

收稿日期:2004-03-17

基金项目:国防科技重点实验室基金资助项目(51473040103JB3201)

作者简介:赵东晔(1970-),男,陕西周至人,讲师,硕士,主要从事通信抗干扰研究。

$$I(n) = kR(n) \cos(\omega n + \varphi) \quad (3) \quad I_{\text{LPF}}(n) = k[f(n) \cos \varphi - mp(n) \sin \varphi]/2 \quad (4)$$

接收端 Q 路见式(5)。通过 LPF 得到式(6)。

$$Q(n) = kR(n) \sin(\omega n + \varphi) \quad (5) \quad Q_{\text{LPF}}(n) = k[f(n) \sin \varphi + mp(n) \cos \varphi]/2 \quad (6)$$

由式(4)、(6)可得

$$kmp(n) = 2Q_{\text{LPF}}(n) \cos \varphi - 2I_{\text{LPF}}(n) \sin \varphi \quad (7)$$

取

$$\frac{Q_{\text{LPF}}(n)}{\sqrt{Q_{\text{LPF}}(n)^2 + I_{\text{LPF}}(n)^2}} = \sin \beta \quad (8) \quad \frac{I_{\text{LPF}}(n)}{\sqrt{Q_{\text{LPF}}(n)^2 + I_{\text{LPF}}(n)^2}} = \cos \beta \quad (9)$$

得

$$\sin \beta \cos \beta - \cos \beta \sin \beta = \sin(\beta - \varphi) = \frac{kmp(n)}{2\sqrt{Q_{\text{LPF}}(n)^2 + I_{\text{LPF}}(n)^2}} \quad (10)$$

观察式(10)可知:

1) $Q_{\text{LPF}}(n)$ 、 $I_{\text{LPF}}(n)$ 、 m 为已知值;

2) 显然只要接收端恢复与发射端同步的同步码, $p(n)$ 即可得到。而这一点在帧同步恢复中已完成。

3) 增益因子见式(11)。取 N 长的接收序列 $R(n)$ 估计功率见式(12)。发射端序列 $C(n)$ 的功率为见式(13)。

$$K = \sqrt{P_R/P_C} \quad (11) \quad P_R = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |R(n)|^2 \quad (12) \quad P_C = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |C(n)|^2 \quad (13)$$

通过以上的信息,可以很容易从方程中解出 φ ,即为所需的相偏估计结果。当然在实际运算时必须注意两个问题。一是 β 、 φ 的多值问题;二是噪声干扰引起的计算误差。如果序列各点相偏几乎相同的情况下(即:频偏影响可以忽略),可以采用多点加权的方法来改进算法性能^[5]。根据式(10)可以建立图2所示的接收端框图。

2 仿真实验

在仿真实验中,选择系统信息帧长为 36 bit,采用 32 切普的 M 序列为帧同步信号,参数 $m=0.5$ 。采用 AWGN 信道,在不同的 E_b/N_0 下评估算法的性能。图3中的纵坐标表示相偏估计误差(以 π 为单位),横坐标表示不同的 E_b/N_0 。在图中可以看到,随着 E_b/N_0 的提高,计算误差随之降低,当 E_b/N_0 大于 10 dB 时,计算准确度较高。

从理论分析与仿真结果来看,本文提出的相偏估计方案可以大大简化相偏估计的复杂度、同时有较好的性能,具有较高的实际应用价值。如何根据信道状况选择最优的同步信道功率控制参数 m ,则是值得进一步深入研究的课题。

3 结束语

本文提出了一种新颖的相偏估计方法,在保证信道利用率的前提下,利用信号的正交信道来传输功率相对较弱的周期性伪码作为帧同步信号,不仅较好地解决了有用信息的帧同步问题,而且极大简化了相偏计算。研究结果表明本文提出的方法性能良好。

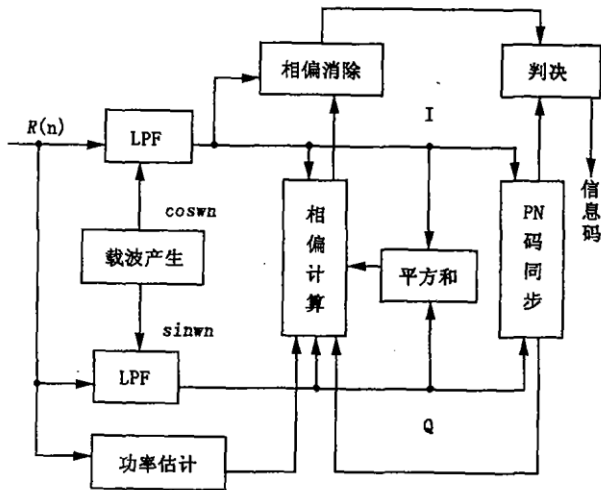


图2 接收端原理框图

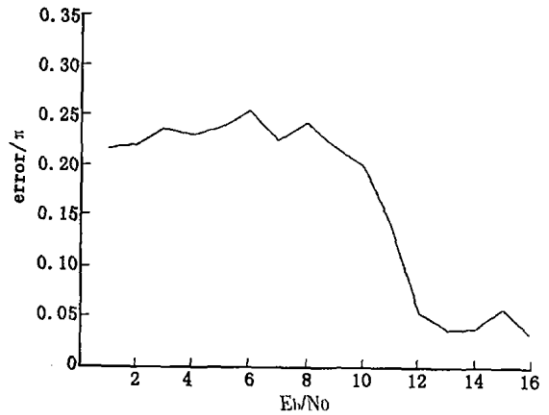


图3 相偏估计误差曲线

参考文献:

[1] Kam P Y. Maximum Likelihood Carrier Phase Recovery for Linear Suppressed - Carrier Digital Data Modulations[J]. IEEE Transaction on Commun,1986,COM - 34:522 - 530.

[2] Fitz M P. Decision - Direct Burst - Mode Carrier Synchronization Techniques[J]. IEEE Trans on Comm, 1992, COM - 40:1644 - 1653.

[3] Andronico M, Casale S, La Corte A, Pinnisi C. A New Algorithm for Fast Synchronization in A Burst Mode PSK Demodulator[J]. Conference Record Icc95,1995,3:1641 - 1646.

[4] 杨小牛,楼才义. 软件无线电原理与应用[M]. 北京:电子工业出版社,2002.

[5] 方继承. 一种适于 DSPs 实现的 BPSK 载波同步方法[J]. 国防科技大学学报,2002,24(2):27 - 30.

(编辑:姚树峰)

A Frame Synchronization and Carrier Phase Offset Estimation Scheme

ZHAO Dong - ye¹, XIANG Xin^{1,2}, YANG Bao - qiang³

(1. The Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710038, China; 2. Xidian University, Xi'an, Shaanxi 710071, China; 3. Training Department of Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710051, China)

Abstract: In this paper, a new frame synchronization and phase offset estimation method is presented, the implementation scheme is also applied. The scheme is implemented by using the transmission of the low power determined frame synchronization signal in the orthogonal channel as an aided information under the precondition that channel utilization efficiency is ensured. The scheme can greatly reduce the complexity of carrier phase offset estimation. The simulation result indicates that the method has good performance.

Key words: carrier synchronization; phase offset; frame synchronization