

码分多址卫星通信网中干扰与噪声的分析计算

高娜娜, 黄国策

(空军工程大学 电讯工程学院, 陕西 西安 710077)

摘要:码分多址卫星通信系统中分析计算噪声及各种干扰对系统传输性能的影响,是系统设计的重要环节。文中分析了码分多址系统中噪声和干扰的来源,并主要讨论噪声和干扰的计算方法。对各种码分多址系统设计有较好的参考价值。

关键词:卫星通信;码分多址;载噪比

中图分类号:TN927.23 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2001)05-0045-03

由于 CDMA 具有抗干扰能力强,保密通信能力好,多址联结灵活方便的优点,适用于一些容量小、分布广、由小站组成的卫星通信系统。因此,码分多址卫星通信系统得到了广泛的应用。分析计算噪声及各种干扰对系统传输性能的影响,是系统设计的重要环节。尤其是码分多址系统中地址码产生的干扰,在链路计算中尤为重要。本文将分析码分多址系统中噪声和干扰的来源,并主要讨论噪声和干扰的计算方法。

1 系统噪声和干扰的来源

码分多址系统中卫星链路的噪声如图 1,主要由热噪声,互调噪声和干扰噪声组成。其中干扰噪声为其它地址码干扰,邻星干扰,交叉极化干扰,地面微波干扰等产生的噪声。

热噪声是由于传导媒质中带电粒子随机运动而产生的。天线以及接收机产生的噪声,均可以作为等效热噪声来处理;互调噪声是由于卫星转发器的非线性产生的;地址码的干扰是指若在同一带宽内同时存在 n 路信号,对有用信号而言, $(n-1)$ 路扩频信号呈现为伪噪声而产生的干扰;邻星干扰包括上行邻星干扰和下行邻星干扰。上行邻星干扰是相邻卫星通信系统中地球站发射功率进入本系统卫星转发器内形成的。下行邻星干扰是相邻卫星发射功率进入本系统地球站接收机内形成的。交叉极化干扰是由于通信卫星利用极化分割来实现频率复用而引起;地面微波干扰是相同频段的卫星通信系统与地面微波中继系统之间产生的相互干扰。

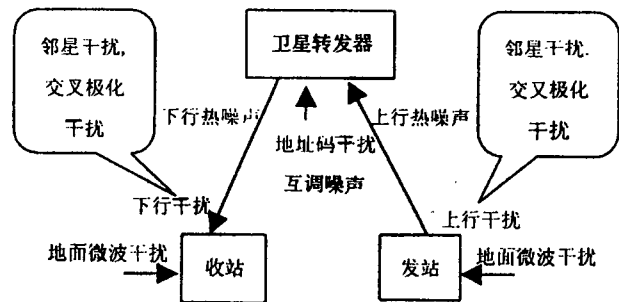


图1 系统噪声与干扰示意图

2 系统噪声和干扰的计算

决定一条卫星通信线路传输质量重要指标是接收系统输入端的载波功率与噪声功率之比,即载噪比。进行卫星链路的设计和噪声干扰的分析时,就必定要计算载噪比,为计算方便,常采用载波功率与等效噪声功率谱密度之比(C/N_0)。

收稿日期:2000-11-06

基金资助:空军通信部科研基金资助项目。

作者简介:高娜娜(1975-),女,湖北荆门人,硕士,主要从事卫星通信研究。

码分多址 VSAT 卫星通信系统中通信链路的总载波功率噪声谱密度之比(C/N_0)_t 可表示为

$$(C/N_0)_t = \frac{1}{(C/IS_0)^{-1} + (C/N_0)_{st}^{-1}}$$

C/IS_0 是由于其它地址码干扰而产生的载波功率与噪声谱密度之比,它在码分多址卫星通信系统干扰计算中占主要因素,决定了系统最大瞬时工作站数。

$(C/N_0)_{st}$ 是其它噪声和干扰引起的总载波功率与噪声谱密度之比。其可表示为^[1-2]

$$(C/N_0)_{st} = \frac{1}{(C/N_0)^{-1} + (C/IM_0)^{-1} + (C/I_0)^{-1} + (C/X_0)^{-1} + (C/T_0)^{-1}} \quad (1)$$

式中, C/N_0 为热噪声引起的, C/IM_0 为互调噪声引起的, C/I_0 为邻星干扰引起的, C/X_0 为交叉极化干扰引起的, C/T_0 为地面微波干扰引起的。

2.1 C/IS_0 (其它小站干扰影响)的计算^[3]

若有 n 个 VSAT 站同时发射信号,则在同一带宽内同时存在 n 路扩频信号,对有用信号而言, $(n-1)$ 路扩频信号呈现为伪噪声。

$$C/IS_0 = \frac{c}{\sum_{l=1}^{n-1} C_l / \frac{gR_b}{\Gamma}} \quad (2)$$

式中, C_l 为第 l 路扩频信号载波功率, R_b 为信码速率, $g = R_p/R_b$ 为扩频增益即扩频码速率与信码速率之比, $\Gamma = R_p/B_N$ 为频带利用率即扩频码速率和扩频码带宽的比值。若 l 路扩频信号具有相等的载波功率,则式(2)可化简为

$$[C/IS_0] = [g] + [R_b] - [\Gamma] - [n-1]$$

2.2 C/N_0 (热噪声影响)的计算

$$[C/N_0] = -10\lg[10^{-[C/N_0]_U/10} + 10^{-[C/N_0]_D/10}]$$

$(C/N_0)_U$ 、 $(C/N_0)_D$ 分别是由上行和下行热噪声引起的载波功率与噪声谱密度之比。

$$(C/N_0)_U = [EIRP]_E + [G/T]_S - [L]_U - [K]$$

$$(C/N_0)_D = [EIRP]_S + [G/T]_E - [L]_D - [K]$$

式中, $[EIRP]_E$ 和 $[EIRP]_S$ 分别是地球站和卫星的有效全向辐射功率(dBW)。 $[L]_U$ 和 $[L]_D$ 分别为上行和下行自由空间损耗(dB)。 $[K]$ 为玻耳兹曼常数 228.6(dB)。 $[G/T]_S$ 和 $[G/T]_E$ 分别是卫星与地球站接收系统的品质因素。

2.3 C/IM_0 (互调噪声影响)的计算

卫星转发器的行波管放大器在多载波工作时必然产生互调噪声。其所研究载波的(C/IM_0)可表示为

$$[C/IM_0] = [C_S/IM_0] + [EIRP]_S - [EIRP]_{SS}$$

式中, $[C_S/IM_0]$ 是转发器饱和全向有效辐射功率与所研究的载波工作点上每一赫兹带宽的互调噪声功率比。 $[EIRP]_S$ 是研究载波的卫星有效全向辐射功率。 $[EIRP]_{SS}$ 是转发器的饱和有效全向辐射功率。

2.4 C/I_0 (邻星干扰影响)的计算

相邻卫星系统 $L \cdots (i-1)$ 和 $(i+1) \cdots N$ 与卫星系统 i 的干扰情况,可以按下述方式定量的计算干扰。现假定,位于 ϕ_L 到 ϕ_N 轨道位置的第 L 颗到第 N 颗卫星,与它们自己的地面站通信,并且所有这些系统的载波频率、传输频带、传输损耗和各地面站天线旁瓣特性均相同。则 i 卫星系统地面站所接受的载波干扰功率比(C/I)_i 可表示为

$$(C/I)_i^{-1} = \sum_{j=1, j \neq i}^N \left[\frac{P_{sj} \cdot G_e(|\phi_j - \phi_i|) g_{ij}^r}{P_{ei} \cdot G_i \cdot g_{ii}^r} + \frac{P_{sj} \cdot G_e(|\phi_j - \phi_i|) g_{ij}^t}{P_{si} \cdot G_i \cdot g_{ii}^t} \right]$$

式中, G_i 是 i 地面站发射天线增益; g_{ij}^r 是向 i 系统地面站的 j 系统卫星发射天线增益; G_i 是 i 地面站接收天线增益; $G_e(\phi)$ 是地面站天线旁瓣增益; P_{ei} 是 i 系统地面站发射功率; g_{ij}^t 是从 i 系统地面站所看到 j 系统卫星接收天线增益; P_{si} 是 i 系统卫星发射功率。 $G_e(\phi) = 32 - 25\lg\phi$ ($2.5^\circ \leq \phi \leq 7^\circ$) (ϕ : 偏离主波束的离轴角),而 $[C/I_0] = [C/I] + [B]_I$, ($[B]_I$ 为邻星干扰等效噪声带宽),因此可得 $[C/I_0]$ 。

2.5 C/X_0 (交叉极化干扰影响)的计算

为了充分利用卫星的频率资源,卫星通信系统常采用频率复用技术。极化隔离是频率复用技术之一,即指向同一区域并且同频带的 2 个波束用正交极化方法隔离。交叉极化干扰所引起的载波功率比(C/X)为:

$$(C/X)^{-1} = (C/X)_U^{-1} + (C/X)_D^{-1}$$

$(C/X)_U$ 和 $(C/X)_D$ 分别是上行和下行交叉极化干扰所引起的载波功率比。它们可表示为

$$[C/X]_U = [EIRP]_E - ([EIRP]'_E - [XPI])$$

$$[C/X]_D = [EIRP]_S - ([EIRP]'_S - [XPI])$$

由 $[C/X_0] = [C/X] + [B]_X$, $[B]_X$ 为交叉极化干扰等效噪声带宽 (dB/Hz), 可得 $[C/X_0]$ 。

2.6 C/T_0 (地面微波干扰影响) 的计算

同频段的地面微波干扰所引起 VSAT 系统传输性能的恶化程度, 取决于地面微波设备的发射功率、天线增益方向与 VSAT 系统地球站的相对位置等。地面微波干扰所引起的载波干扰功率比 $[C/T]$ 可由下式得到:

$$[C/T] = [EIRP]_S + [G_R] - [L]_D - ([P_w] + [G_{RH}(\theta)])$$

式中, $[EIRP]_S$ 为卫星有效全向辐射功率, $[G_R]$ 为地球站接收天线增益, $[L]_D$ 为下行自由空间损耗, $[P_w]$ 为地面微波设备的发射功率, $[G_{RH}(\theta)]$ (θ 为地面站天线仰角) 为地面站天线沿水平方向的旁瓣增益, 由 CCIR465-1 建议知

$$\begin{aligned} [G_{RH}(\theta)] &= 32 - 25\lg\theta & (\text{dBi}) & \quad 1^\circ \leq \theta \leq 48^\circ \\ &\leq 10 & (\text{dBi}) & \quad 48^\circ \leq \theta \leq 180^\circ \end{aligned}$$

由 $[C/T_0] = [C/T] + [B]_T$ ($[B]_T$ 为地面微波干扰等效噪声带宽), 可得出 $[C/T_0]$ 值。

为了说明以上噪声和干扰的分析计算方法, 可以一个 C 波段的码分多址 VSAT 系统内向信道为例来分析计算。通过计算, 证明接受端的载噪比大于门限值, 说明以上讨论的噪声和干扰对载噪比影响的计算方法是可行的, 对各种码分多址卫星系统设计有较好的参考价值。

参考文献:

- [1] Peyravi Hassan. Medium access control protocols performance in satellite communications[J]. IEEE Communications Magazine, 1999, 37(3): 62-71.
- [2] Hu Teck, Liu H, Max M K. New power control function for multirate DS-CDMA systems[J]. IEEE Transactions on Communications, 1999, 47(6): 896-904.
- [3] 高娜娜, 王明阳, 黄国策. VAST 卫星数据网最大瞬时工作站数的研究[J]. 无线通信技术, 2000, 9(4): 39-40.
- [4] 杨明华, 杨惠, 王六龄. TES 电话地球站交叉极化干扰分析[J]. 云南大学学报, 1999, 21(5): 386-388.

The Analysis and Calculation of Interference and Noise in CDMA Satellite Communications System

GAO Na-na, HUANG Guo-ce

(The Telecommunications Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710077, China)

Abstract: The analysis and calculation of the interference and noise in CDMA satellite communications system is the most important for system design. In this paper, the source of the interference and noise in CDMA satellite communications system is studied, and the carrier-to-noise ratio is calculated. This paper gives a good reference to designing CDMA communications system.

Key words: CDMA; satellite communications; carrier-to-noise ratio