

张秀再, 郭业才, 陈金立, 等. L 与 X 波段气象卫星信道概率统计特性. 应用气象学报, 2012, 23(4): 478-484.

L 与 X 波段气象卫星信道概率统计特性

张秀再^{1)*} 郭业才¹⁾ 陈金立¹⁾ 杨昌军²⁾

¹⁾(南京信息工程大学, 南京 210044)

²⁾(中国气象局中国遥感卫星辐射测量和定标重点开放实验室 国家卫星气象中心, 北京 100081)

摘 要

为研究大气空间物理层对气象卫星通信的影响, 将影响气象卫星信道特性的天气状态分为晴空少云、多云和阴雨天气 3 种情况, 根据不同的静态信道特性分别推导了地面接收气象卫星信号的包络变化规律服从 Rayleigh 分布(阴雨天气)、Rice 分布(部分阴影遮挡)、Lognormal 分布(全阴影遮挡)和 Gauss 分布(晴空少云), 并建立了相应的概率分布(PDF)仿真模型。计算机仿真结果表明: 不同传输特性下接收信号组成成分的不同造成其包络概率密度曲线的差异, 仿真模型与理论模型的概率密度曲线符合程度很好, 验证了理论分析的正确性和有效性, 为分析地面接收的气象卫星的数据误码率提供了理论基础。

关键词: 气象卫星信道; 统计特性; 建模仿真

引 言

气象卫星通信环境主要是大气层空间物理环境, 存在着多种气体以及各种微粒, 如尘埃、烟、雾、小水滴等, 会出现各种复杂的气象现象, 如云、雨、雾、雪、霜等。气象卫星下行传输气象数据时, 受到大气层空间物理环境的影响, 大气(主要是其中的氧气和水汽)、云及降水会吸收和散射电磁波, 电磁波的频率越高, 传播衰减越严重。目前, 气象卫星通信波段主要是 L 波段(1~2 GHz)和 X 波段(7.5~8.5 GHz)^[1], 天气晴朗时氧气和水汽的吸收产生的信号衰减在 10 GHz 以下, 相对较小, 可以忽略这部分衰减的影响; 而云和降雨会成为影响电磁波传播的主要因素。因此, 在不同气象条件下, 由于云层及降雨的影响, 气象卫星信道会存在不同程度的衰减、阴影效应和多径效应, 使得地面接收信号随大气状态的变化而变得不稳定, 产生码间干扰, 也会在一定程度上影响气象卫星数据的接收质量, 影响天气现象的分析与预报。

气象卫星探测资料具有覆盖范围广、时空密度大等优点, 能有效弥补海洋、高原等地区观测信息的

不足, 为天气分析和数值预报提供大量有用的资料^[2-3]。提高观测质量并逐步实现探测现代化是大气探测工作的重要任务之一^[4], 随着 FY-3A 气象卫星上所载探测仪器的增加和探测精度的提高, 对星地链路数据传输的有效性和可靠性提出了更高的要求^[5]。为了适应现代气象卫星的发展趋势, 进一步提高地面接收站接收气象数据的质量和速度, 需要根据气象卫星通信环境的复杂性, 建立贴近实际的气象卫星信道模型。

本文根据气象卫星通信环境特点, 通过分析影响气象卫星通信的天气状态与其信道特性的关系, 推导不同气象环境下地面接收气象卫星信号包络的概率密度分布, 并建立相应的信道仿真模型以验证模型的正确性, 为进一步研究地面接收系统接收的气象卫星数据误码率提供理论基础。

1 气象卫星通信环境

气象卫星信道特性除了与大气层物理环境有关以外, 还与接收站点所处地面环境有关, 如城市环境、郊区环境和农村开阔地环境等^[6-11]。而气象卫星地面接收系统是在确定位置静止接收气象卫星数

2011-09-22 收到, 2012-05-28 收到再改稿。

资助项目: 江苏省普通高校研究生科研创新计划项目(CX10B_303Z), 江苏省高校自然科学研究项目(11KJB510008), 江苏高等优势学科“传感网与现代气象装备”建设项目

* E-mail: xz_zhang@nuist.edu.cn

据的,所以地面环境的影响可以采用人工方法在很大程度上减少,而大气层空间物理环境几乎不可人为改变。为了简化气象卫星通信环境特性的分析,忽略地面环境对接收信号的影响,并假设在一定时间间隔内信道状态和信道特性是恒定的,将天气状态分为晴空少云、多云和阴雨天气 3 种情况。

阴雨天气时,因云层厚和云量多或有降雨,在地面接收站上空相当大的范围形成全阴影遮挡,地面接收站接收信号没有直射信号只有多径散射分量信号。

多云天气时,因云层较厚和云量较多,在地面接收站上空一定的范围散开分布形成部分阴影遮挡,地面接收站接收信号可能存在两种情况:①接收信号含有直射信号以及一定强度的绕射、折射和散射形成的多径信号(多径效应会造成信号的快衰落^[12]);②接收信号仅有经云层阴影遮蔽后衰落的直射信号(阴影效应会造成信号的慢衰落^[12])。

晴空少云时,因云层很薄和云量很少,在地面接收站上空几乎没有阴影遮挡,高空能见度很高,地面接收站接收信号含有直射信号以及很弱的多径散射信号。

现根据气象卫星信道特性的 3 种情况,分别研究接收信号包络的一维概率密度分布规律(PDF)并建立仿真模型。

2 气象卫星信道统计模型

我国风云系列气象卫星在星地通信时,信号大多采用 BPSK 或 QPSK 的调制方式^[1],气象卫星发送信号可以表示为

$$s(t) = A\cos(\omega_c t + \theta)。 \quad (1)$$

式(1)中,A 为发射信号的振幅; ω_c 为载波信号的角频率; θ 为相位角,根据调制方式不同取值也不同。

2.1 阴雨天气状态下的气象卫星信道统计模型

阴雨天气时,气象卫星信道物理环境较差,假设地面接收站的接收信号只包含一定强度的多径分量,接收信号的包络和相位都是随机缓变的,则接收信号 $r(t)$ 可表示为

$$\begin{aligned} r(t) &= a(t)\cos[\omega_c t + \theta(t)] \\ &= \mu_\alpha(t)\cos\omega_c t - \mu_\beta(t)\sin\omega_c t。 \end{aligned} \quad (2)$$

式(2)中,

$$\mu_\alpha(t) = a(t)\cos[\theta(t)], \quad (3)$$

$$\mu_\beta(t) = a(t)\sin[\theta(t)]。 \quad (4)$$

其中, $a(t)$ 和 $\theta(t)$ 分别是 $r(t)$ 的随机包络和随机相位, ω_c 为载波频率, $a(t) \geq 0$ 。

由式(2)可知,接收信号 $r(t)$ 的统计特性可以由 $\mu_\alpha(t)$ 和 $\mu_\beta(t)$ 的统计特性确定。由中心极限定理^[13]可知, $\mu_\alpha(t)$ 和 $\mu_\beta(t)$ 为正态随机过程,其概率密度函数分别为

$$f(\mu_\alpha) = \frac{1}{\sigma_\alpha\sqrt{2\pi}}\exp\left(-\frac{\mu_\alpha^2}{2\sigma_\alpha^2}\right), \quad (5)$$

$$f(\mu_\beta) = \frac{1}{\sigma_\beta\sqrt{2\pi}}\exp\left(-\frac{\mu_\beta^2}{2\sigma_\beta^2}\right)。 \quad (6)$$

$\mu_\alpha(t)$ 和 $\mu_\beta(t)$ 的统计平均值为

$$E[\mu_\alpha(t)] = E[\mu_\beta(t)] = 0, \quad (7)$$

方差为

$$D[\mu_\alpha(t)] = D[\mu_\beta(t)] = \sigma_\alpha^2 = \sigma_\beta^2 = \sigma_r^2。 \quad (8)$$

式(8)中, σ_r^2 为接收信号 $r(t)$ 的方差。根据概率理论可以推导出包络 $a(t)$ 的一维概率密度函数为^[14]

$$\begin{aligned} f(a) &= \int_{-\infty}^{\infty} f(a, \theta) d\theta \\ &= \int_0^{2\pi} \frac{a}{2\pi\sigma_r^2} \exp\left(-\frac{a^2}{2\sigma_r^2}\right) d\theta \\ &= \frac{a}{\sigma_r^2} \exp\left(-\frac{a^2}{2\sigma_r^2}\right), a \geq 0。 \end{aligned} \quad (9)$$

该式表明,接收信号包络 $a(t)$ 的概率密度服从 Rayleigh 分布。

2.2 多云天气状态下的气象卫星信道统计模型

2.2.1 部分阴影遮挡

多云天气时,因云层较厚、云量较多,云在地面接收站上空一定的范围散开分布形成部分阴影遮挡,地面接收站接收信号如果含有直射信号和一定强度的多径信号,假设直射信号只有时延没有衰减,则接收的混合信号为

$$\begin{aligned} r(t) &= A\cos[\omega_c(t - \tau) + \theta] + r'(t) \\ &= A\cos[\omega_c t - \omega_c \tau + \theta] + r'(t) \\ &= A\cos[\omega_c t + \theta'] + r'(t)。 \end{aligned} \quad (10)$$

式(10)中, τ 表示直射信号的时延值, θ' 是直射信号经时延到接收站点的相位, $r'(t)$ 如式(2)所示。

将式(10)展开整理,得

$$\begin{aligned} r(t) &= v_\alpha(t)\cos\omega_c t - v_\beta(t)\sin\omega_c t \\ &= v(t)\cos[\omega_c t + \varphi(t)]。 \end{aligned} \quad (11)$$

式(11)中,

$$v_\alpha(t) = A\cos\theta' + \mu_\alpha(t), \quad (12)$$

$$v_\beta(t) = A\sin\theta' + \mu_\beta(t)。 \quad (13)$$

$r(t)$ 的包络和相位分别为

$$v(t) = \sqrt{v_a^2(t) + v_b^2(t)}, v \geq 0, \quad (14)$$

$$\varphi(t) = \arctan \frac{v_b(t)}{v_a(t)}, 0 \leq \varphi \leq 2\pi. \quad (15)$$

如果 θ' 已确定, 则

$$E[v_a(t)] = A \cos \theta',$$

$$E[v_b(t)] = A \sin \theta',$$

$$\sigma_a^2 = \sigma_b^2 = \sigma_r^2.$$

根据概率理论可以推导出 $r(t)$ 的包络 $v(t)$ 的概率密度函数为^[14]

$$f(v) = \frac{v}{\sigma_r^2} \exp\left(-\frac{v^2 + A^2}{2\sigma_r^2}\right) \cdot I_0\left(\frac{Av}{\sigma_r^2}\right), \quad v \geq 0. \quad (16)$$

即接收信号 $r(t)$ 的包络 $v(t)$ 的概率密度服从 Rice 分布。

2.2.2 全阴影遮挡

多云天气时, 因云量较多、云层深厚^[13], 在地面接收站上空一定范围分布较厚的云层形成完全阴影遮挡。云的垂直密度非均匀分布, 可以在云的垂直方向上划分 N 层不同密度的层结, 而传播信号每经过一个层结都会因阴影遮蔽效应造成不同程度的衰减, 且衰减是时变的。假设云的第 i 层结阴影遮蔽因子是 $K_i(t)$, 则整个云层的阴影遮蔽因子 $k(t) = \prod_{i=1}^N K_i(t)$ 。由文献[14-18]可知该阴影遮蔽因子是信道的乘性干扰。假设发射信号到达云顶时没有衰减只有时延 τ , 地面接收站接收的信号如果只含有经较厚云层阴影遮蔽后的直射信号, 则接收信号可表示为

$$\begin{aligned} r(t) &= k(t) \cdot s(t - \tau) \\ &= k(t) A \cos(\omega_c t + \theta') \\ &= \xi_a(t) \cos \omega_c t - \xi_b(t) \sin \omega_c t. \end{aligned} \quad (17)$$

式(17)中,

$$\xi_a(t) = k(t) A \cos \theta', \quad (18)$$

$$\xi_b(t) = k(t) A \sin \theta'. \quad (19)$$

则 $r(t)$ 的包络和相位分别为

$$\xi(t) = \sqrt{\xi_a^2(t) + \xi_b^2(t)} = Ak(t), \xi \geq 0, \quad (20)$$

$$\varphi(t) = \arctan \frac{\xi_b(t)}{\xi_a(t)}, 0 \leq \varphi \leq 2\pi. \quad (21)$$

由式(20), 得

$$\begin{aligned} \ln \xi(t) &= \ln A + \ln k(t) \\ &= \ln A + \sum_{i=1}^N \ln K_i(t). \end{aligned} \quad (22)$$

设 $y(t) = \ln \xi(t)$, $c = \ln A$, $x(t) = \sum_{i=1}^N \ln K_i(t)$,

则式(22)可表示为

$$y(t) = x(t) + c. \quad (23)$$

由中心极限定理^[13]可知, $x(t) = \sum_{i=1}^N \ln K_i(t)$ 服从正态分布, 即 $x(t) \sim N(\mu_1, \sigma_1^2)$, 其概率密度函数为

$$f_X(x) = \frac{1}{\sigma_1 \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x - \mu_1)^2}{2\sigma_1^2}\right), \quad (24)$$

结合式(23), 可推出

$$\begin{aligned} f_Y(y) &= f_X(y - c) \cdot (y - c)' \\ &= \frac{1}{\sigma_1 \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(y - c - \mu_1)^2}{2\sigma_1^2}\right). \end{aligned} \quad (25)$$

由 $y(t) = \ln \xi(t)$, 可知 $r(t)$ 包络的概率密度函数

$$f_r(\xi) = \frac{1}{\sigma_1 \xi \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln \xi - c - \mu_1)^2}{2\sigma_1^2}\right), \quad (26)$$

$\ln \xi(t)$ 的统计平均值为

$$\begin{aligned} E[\ln \xi(t)] &= E[\ln c] + E\left[\sum_{i=1}^N \ln K_i(t)\right] \\ &= c_1 + \mu_1 = \mu, \end{aligned} \quad (27)$$

方差为

$$\begin{aligned} D[\ln \xi(t)] &= D[\ln c] + D\left[\sum_{i=1}^N \ln K_i(t)\right] \\ &= 0 + \sigma_1^2 = \sigma^2, \end{aligned} \quad (28)$$

由式(27)、式(28)可知, 式(26)可变为

$$f_r(\xi) = \frac{1}{\sigma \xi \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln \xi - \mu)^2}{2\sigma^2}\right). \quad (29)$$

即 $r(t)$ 包络的概率密度服从 Lognormal 分布。

2.3 晴朗天气状态下的气象卫星信道统计模型

晴朗天气时, 假设地面接收信号主要包括没有衰减只有时延的直射信号和很弱的多径信号, 则接收信号表示为

$$r(t) = s(t - \tau) + r''(t) \approx s(t - \tau), \quad (30)$$

式(30)中, $r''(t)$ 是很弱的多径信号, 可以忽略, 即接收信号的信噪比很大。

因为与 Rice 分布时的接收信号的组成分量类似, 仅信噪比相对要大很多, 则由式(16)可知, 当信噪比 $\gamma = \frac{A^2}{2\sigma_r^2}$ 很大时, 有 $I_0(x) \approx \frac{e^x}{\sqrt{2\pi x}}$, 则式(16)

可改为

$$f(v) = \frac{v}{\sigma_r^2} \exp\left(-\frac{v^2 + A^2}{2\sigma_r^2}\right) \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi \frac{Av}{\sigma_r^2}}} \exp\left(\frac{Av}{\sigma_r^2}\right)$$

$$= \frac{v}{\sqrt{2\pi A v} \cdot \sigma_r} \exp\left[-\frac{(v-A)^2}{2\sigma_r^2}\right] \quad (31)$$

当 $v \approx A$ 时, $f(v)$ 可近似表示为高斯分布, 即接收信号包络的概率密度函数为

$$f(v) \approx \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_r} \exp\left(-\frac{(v-A)^2}{2\sigma_r^2}\right), v \geq 0. \quad (32)$$

即 $r(t)$ 包络的概率密度服从 Gauss 分布。

3 气象卫星信道统计特性仿真模型

根据 Rayleigh 信道统计特性模型与式(2), Rayleigh 信道的仿真模型如图 1 所示。

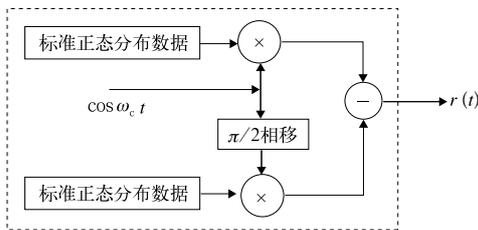


图 1 Rayleigh 信道仿真模型

Fig. 1 Rayleigh channel simulation model

根据 Rice 信道统计特性模型与式(10), Rice 信道的仿真模型如图 2 所示。

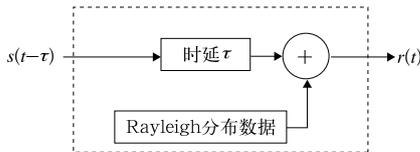


图 2 Rice 信道仿真模型

Fig. 2 Rice channel simulation model

根据 Lognormal 信道统计特性模型与式(17)、式(24), Lognormal 信道的仿真模型如图 3 所示。

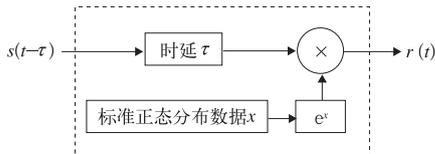


图 3 Lognormal 信道仿真模型

Fig. 3 Lognormal channel simulation model

根据 Gauss 信道统计特性模型, 将 Rice 信道仿真模型中的多径信号的能量取小就可以实现对 Gauss 信道的仿真。

4 计算机仿真

根据以上 4 种气象卫星信道统计特性可知, 接收信号包络的统计特性与发射信号的相位无关, 而与信号通过的信道环境有关。因此, 用 QPSK 调制信号作为发射信号进行仿真, 以验证仿真模型的有效性。

在 Rayleigh 信道仿真模型中, 正态分布数据平均值为 0, 方差为 1, 载波信号振幅为 1; 而理论模型中 Rayleigh 分布的方差为 1。仿真结果如图 4 所示。

在 Rice 信道仿真模型中, 取 Rayleigh 分布数据的统计方差为 2, 载波信号振幅为 1; 理论模型中 Rice 分布的平均值为 2.35, 方差为 1.53。仿真结果如图 5 所示。

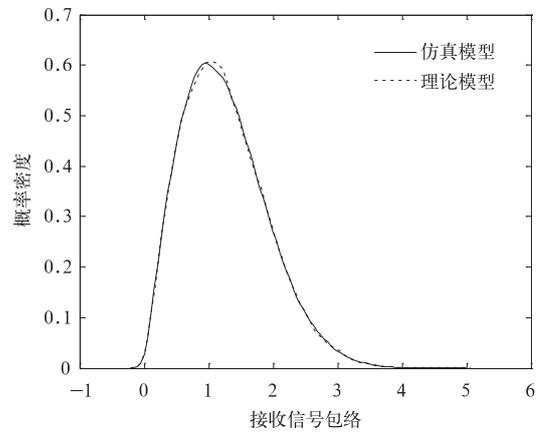


图 4 Rayleigh 信道仿真模型与理论模型的概率密度曲线对比

Fig. 4 Rayleigh PDF between simulation model and theory model

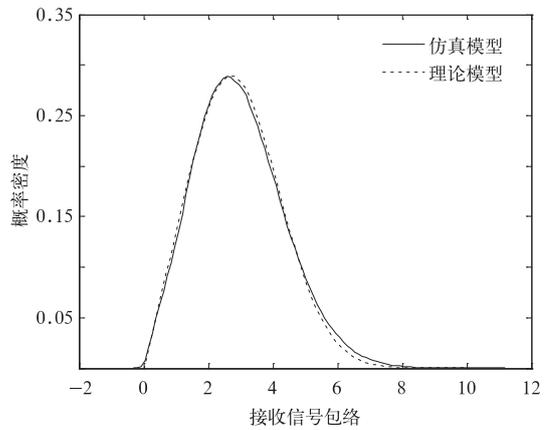


图 5 Rice 信道仿真模型和理论模型的概率密度曲线对比

Fig. 5 Rice PDF between simulation model and theory model

在 Lognormal 信道仿真模型中,取正态分布数据平均值为 0,方差为 1,载波信号振幅为 1;理论模型中 Lognormal 分布的平均值为 0.05,方差为 1。仿真结果如图 6 所示。

在 Gauss 信道仿真模型中,取 Rayleigh 分布数据(数据的数值较 Rice 仿真模型中的要小)的统计方差为 2,载波信号振幅为 1;理论模型中 Gauss 分布的平均值为 1,方差为 0.018。仿真结果如图 7 所示。

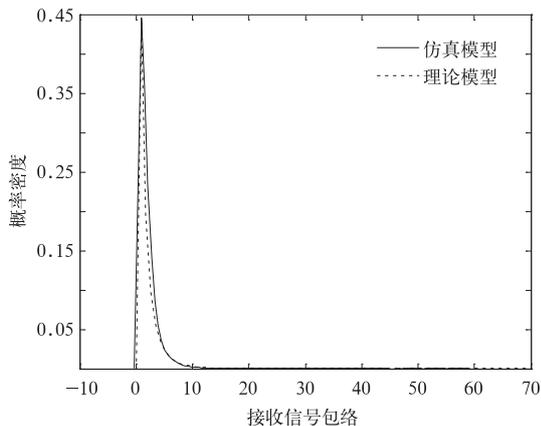


图 6 Lognormal 信道仿真模型和理论模型的概率密度曲线对比

Fig. 6 Lognormal PDF between simulation model and theory model

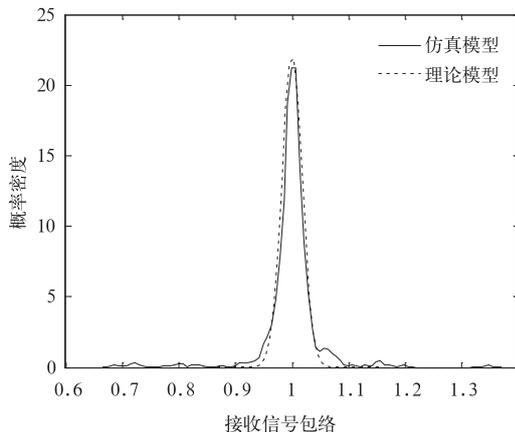


图 7 Gauss 信道仿真模型和理论模型的概率密度曲线对比

Fig. 7 Gauss PDF between simulation model and theory model

由以上仿真结果可知:受大气层物理状态的影响,气象卫星信号通过不同特性的信道后而地面接收的信号组成成分的差异造成了信号包络变化规律不同;Rice 信道的接收信号成分比 Rayleigh 信道的

多了直射分量,造成包络变化规律的不同;Gauss 信道模型与 Rice 信道模型在结构上一样,但其接收信号中的多径成分的强弱对其包络变化规律的影响较大。

5 结 论

通过以上的理论推导和建模仿真,可以定性地给出气象卫星信道的静态统计特性,具体如下:

1) 将影响气象卫星通信的天气现象划分为典型的 3 种:晴空少云天气、多云天气和阴雨天气。并在理论上推导了晴空少云天气条件下,气象卫星地面接收信号包络的概率密度服从 Gauss 分布。多云天气条件下,部分阴影遮挡效应时,气象卫星地面接收信号包络的概率密度服从 Rice 分布;全阴影遮挡效应时,气象卫星地面接收信号包络的概率密度服从 Lognormal 分布。阴雨天气条件下,气象卫星地面接收信号包络的概率密度服从 Rayleigh 分布。

2) 根据理论推导建立了气象卫星信道的概率统计仿真实模型,并通过计算机仿真将理论模型和仿真实模型进行对比,结果说明 4 种不同信道特性的信道仿真实模型和理论模型的概率密度曲线符合程度很好,证明了理论推导的正确性。

参 考 文 献

- [1] 朱爱军. 风云三号气象卫星数据传输体制分析. 应用气象学报, 2006, 17(4): 494-500.
- [2] 侯青, 许健民. 卫星导风资料所揭示的对流层上部环流形势与我国夏季主要雨带之间的关系. 应用气象学报, 2006, 17(2): 138-144.
- [3] 李伟, 张春晖, 孟昭林, 等. L 波段气象探测网运行监控系统设计. 应用气象学报, 2010, 21(1): 116-120.
- [4] 刘健, 张里阳. 气象卫星高空间分辨率数据的云量计算与检验. 应用气象学报, 2011, 22(1): 35-45.
- [5] 董超华, 杨军, 卢乃锰, 等. 风云三号 A 星(FY-3A)的主要性能与应用. 地球信息科学学报, 2010, 12(4): 458-465.
- [6] Marion Berbineau, Emilie Masson, Maria Chennaoui, et al. Satellite Channel Modelling Using a Ray-tracing Tool for Train Communication. IEEE ITS Telecommunications Proceedings, 2006: 452-456.
- [7] Jun Xu, Je-Hong Jong, Ravishankar C. Channel Modeling for a Land Mobile Satellite System. IEEE Global Telecommunication Conf, 2007: 4596-4600.
- [8] Burzigotti P, Prieto-Cerdeira R, Bolea-Alamanac A, et al. DVB-SH Analysis Using a Multi-State Land Mobile Satellite Channel Model. IEEE Advanced Satellite Mobile Systems, 2008: 149-155.

- [9] Milojevic M, Haardt M, Eberlein E, et al. Channel State Modelling for Single and Multiple Satellite Broadcasting Systems. *IEEE Satellite and Space Communications*, 2008;102-106.
- [10] Fiebig U C, Artaud G, Issler J L, et al. Channel Modelling Activities Related to the Satellite Navigation Channel in the SatNEX Project. *IEEE Antennas and Propagation*, 2009; 1702-1706.
- [11] Yamashita Y, Okamoto E, Iwanami Y, et al. An Efficient LDGM Coding Scheme for Optical Satellite-to-Ground Link Based on a New Channel Model. *IEEE Global Telecommunication Conf*, 2010; 1-6.
- [12] 胡君. 卫星移动通信信道研究及性能仿真. 四川: 电子科技大学, 2005;9-10.
- [13] 盛骤, 谢式千, 潘承毅. 概率论与数理统计. 北京: 高等教育出版社, 2000;134-135.
- [14] 樊昌信, 曹丽娜. 通信原理. 北京: 国防工业出版社, 2007;72-73.
- [15] 尚博, 周毓荃, 刘建朝, 等. 基于 Cloudsat 的降水云和非降水云垂直特征. *应用气象学报*, 2012, 23(1): 1-9.
- [16] 赵翠芹, 申东娅, 张雪梅, 等. 卫星移动通信道的统计模型仿真与 Markov 的两状态模型. *重庆邮电大学学报*, 2008, 20(1): 20-25.
- [17] 林金朝, 杨士中. 阴影环境下陆地移动卫星信道的模型研究. *电讯技术*, 2001, 41(4): 84-87.
- [18] 殷贯西. 非静止移动卫星通信中两种信道模型的等同性. *西安电子科技大学学报*, 1997, 24(4): 492-495.

Statistical Characterization for L and X-Band Meteorological Satellite Channel

Zhang Xiuzai¹⁾ Guo Yecai¹⁾ Chen Jinli¹⁾ Yang Changjun²⁾

¹⁾ (*Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044*)

²⁾ (*Key Laboratory of Radiometric Calibration and Validation for Environmental Satellites, CMA, Beijing 100081*)

Abstract

Communication's environment of the meteorological satellite is the physical layer of the atmosphere. In different weather conditions, there are varying degrees of attenuation, shadowing and multipath effects in meteorological satellite channels due to the impact of cloud and rainfall, which makes the receiving signals become unstable concerning to the atmosphere state, and result in inter-symbol interference, affecting the quality of receiving meteorological satellite data, prediction of weather phenomena.

In order to study the influence of the physical layer of atmospheric space on meteorological satellite communications, the weather conditions affecting meteorological satellite transmission are classified into three cases: Clear sky, cloudy and rainy weather. There are thick clouds, covering clouds and rainfall in the rainy weather, which take the whole shadow block above the ground station receiving signals of the meteorological satellite communications. In this case, the signals received by ground station are only composed of multipath scattering signals without the line of sight, and the envelope probability density function (PDF) obeys the statistical characterizations of Rayleigh. There are thick clouds and covering clouds in the cloudy weather, which form part of the shadow block over a certain range spread above the ground station. In this case, the signals received by ground station may have two situations. One circumstance, the received signals are composed of the line of sight and a certain intensity of multipath scattering signals that are diffracted, refracted and scattered, and PDF obeys the statistical characterizations of Rice. The other circumstance, the received signals are composed of the line of sight obscured by clouds, and PDF obeys the statistical characterizations of Lognormal. There are a few thin clouds in the clear sky and good visibility in the high atmosphere layer, when the signals received by ground station are composed of very weak multipath scattering signals and the line of sight, and PDF obeys the statistical characterizations of Gauss.

According to theoretical analysis, the simulation models of Rayleigh, Rice, Lognormal and Gauss probability distribution are established. Through the computer calculation, the results of the simulation models show that the signals received by ground station with different composition lead to different statistical characterizations because meteorological satellite signal pass through different physical state of the atmosphere. The multipath scattering signals both exist in the Rice channel and the Rayleigh channel, however, the line of sight only exists in the Rice channel. Gauss channel model and the Rice channel model have the same structure, but the received signals in both channels have different intensity of the multipath scattering components. That explains the cause why the variety of the received signals envelope brings out different statistical characterizations in different channels. The probability density curve of the simulation model and the theoretical model match quite well, verifying the correctness and validity of the theoretical analysis, providing a theoretical guidance to calculate the data error rate of the meteorological satellite communication.

Key words: meteorological satellite channel; statistical characterization; simulation model

《应用气象学报》征稿简则

《应用气象学报》(双月刊)是大气科学理论与应用研究的综合性学术期刊,主要刊登反映新理论与新技术在大气科学中的应用,以及大气科学理论与实践相结合,应用于各个有关领域的研究论文、业务系统和研究简报;国内外大气科学与应用气象科学发展中的新动态与新问题的探讨与评论;国内外重要学术会议或研究、业务活动的报道;气象书刊评介。

投稿要求和注意事项:

1. 论点明确、文字精炼。摘要请按文摘四要素(目的、方法、结果、结论)撰写,列出3~8个关键词,作者姓名请附汉语拼音,所在单位请附中、英文全名、地名、邮编。要求中文摘要为200~400字,英文摘要为500个单词左右(并请附对应的中文译文)。
2. 插图请插入文中适当位置,要求准确、清晰、美观。图中物理量、单位请勿遗漏,中、英文图题及说明写在插图下面。表格请采用三线表形式,并列出中、英文表题。
3. 参考文献请择主要的列入,并请按文中引用顺序标号。期刊书写格式:作者.文章题目.刊名,年,卷(期):起止页.专著书写格式:作者.书名.译编者.出版地:出版社,出版年:起止页。
4. 计量单位请按《中华人民共和国法定计量单位》列出,已废止的单位请换算成法定计量单位。
5. 科技术语和名词请使用全国自然科学名词审定委员会公布的名词。外国人名和地名,除常用者外请注原文。
6. 网上投稿(<http://qk.cams.cma.gov.cn>)请同时寄送全体作者签名的《承诺书》(请网上自行下载)。稿件自收到之日起,将在6个月内决定刊用与否,来稿一经刊登,酌情收取版面费,并酌付稿酬。
7. 文中的数字及符号必须清楚无误,易混淆的外文字母、符号,请标注文种,大、小写,正、斜体,黑、白体,公式中的上、下标。
8. 本刊已加入“中国学术期刊(光盘版)”、“万方数据——数字化期刊群”和“中文科技期刊数据库”。本刊所付稿酬包含光盘稿酬和刊物内容上网服务报酬。凡向本刊投稿的作者(除事先声明外),本刊视为同意将其稿件纳入此两种版本进行交流。

欢迎投稿。投稿请登录 qk.cams.cma.gov.cn。

地址:中国气象科学研究院《应用气象学报》编辑部,邮政编码:100081;电话:(010)68407086,68408638;网址:qk.cams.cma.gov.cn; E-mail:yyqxxb@cams.cma.gov.cn, yyqxxb@163.com。