

基于海洋大气波导的无人机高速数据链信道模型研究

白洋, 梁俊, 张强, 薛国红

(空军工程大学 电讯工程学院, 陕西 西安 710077)

摘要: 由于海水的蒸发以及风的湍流扩散作用,使得自海面向上一定高度内,大气湿度随高度递减形成大气波导,无人机在海航时其高速数据链会受到这一异常大气结构的严重影响。针对这一问题分析了大气波导的形成机理,并运用 APM 模型计算了其传输损耗,该计算结果表明大气波导内能量衰减较小,致使其可以产生较强的多经分量和弥散作用。从实际雷达测量数据出发,结合大气波导的范围分布与密度分布 2 个方面的特点提出了弥散离散混合信道模型,给出了该模型的理论分析过程与具体实现方法。确定了延时功率分布特性为该信道的决定因素,为进一步实测信道统计特性提供了重要的理论基础。

关键词: 高速数据链; 大气波导; 弥散信道模型; 离散信道模型

中图分类号: TN92 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2008)06-0028-05

无人机高速数据链是将机载传感器所获得的高速率数据传送到地(海)面处理站的标准射频数据链,主要用于各种空中平台对战场区域进行详细侦察、监视,对战场纵深及后续部队攻击提供支持。在现有无人机通信体制中通常将信道可分为:指挥信道、遥测信道和高速数传信道。前 2 类信道的通信速率较低,一般为 10 Kbps - 200 Kbps。高速数传信道的频率较高,一般为 C 波段、Ku 波段,其通信速率为 10 Mbps 到 270 Mbps^[1]。在合理开销允许下为保证无人机与高速数传的稳定性,要求指挥信道、遥测信道的可靠程度为 99%,高速数传信道的可靠度为 90%^[2]。然而在海航环境下无人机高速数据链信道的可靠度会受到大气波导陷获作用、非均匀大气结构散射作用、多普勒频移的较大影响,在我国南海和东南沿海区域大气波导出现概率高达 80% 以上^[3],而相关领域的研究较少,文章针对该环境下的信道模型进行了研究。

1 大气波导对电磁波传播的影响

1.1 大气波导

由于海水的蒸发以及风的湍流扩散作用,使得自海面向上一定高度内,大气湿度随高度递减。而大气湿度是影响大气折射的重要因素,所以受这种大气湿度的负梯度结构影响,修正大气折射率也随高度递减,当曲率超过地球表面曲率时,电磁波会被陷获在一定厚度的大气薄层内,形成大气波导^[4]。在海洋大气环境中,通常可出现 3 种类型的大气波导:蒸发波导、表面波导和抬升波导。判断大气波导的主要指标为大气修正折射指数 M ,在 1 GHz - 100 GHz 大气修正折射指数为

$$M = (n - 1)10^6 = \frac{77.6}{T} \left[p + \frac{4.810e}{T} \right] + 0.157Z \quad (1)$$

式中:大气温度 T (单位 K)、大气压力 P (单位 Pa)和水汽压 e (单位 Pa)为大气状态参数。 Z 为高度(单位 m)。通过对 Z 求导得到 $\frac{dM}{dZ}$,从中可以看出大气修正折射指数与高度变化的关系,同时 $\frac{dM}{dZ}$ 也为判断是否发

* 收稿日期:2008-06-05

基金项目:陕西省自然科学基金资助项目(2007F03);陕西省工业科技攻关计划资助项目(2007k04-10);西安市工业科技攻关计划资助项目(YF07002)

作者简介:白洋(1981-),男,甘肃嘉峪关人,硕士生,主要从事高速数据链信道特性研究;

E-mail:by-superman@sina.com

梁俊(1962-),男,江苏南京人,教授,主要从事微波通信、卫星通信、高速数据链技术研究。

生超折射的条件^[5]。图1为不同大气波导条件下的大气修正折射指数曲线,该曲线表现出了大气波导的性质。虽然大气波导对高频电磁波有一定的陷获作用,但并不是所有的电磁波都能被其陷获,只有满足于一定的波长条件与入射仰角时才能满足大气波导传输。

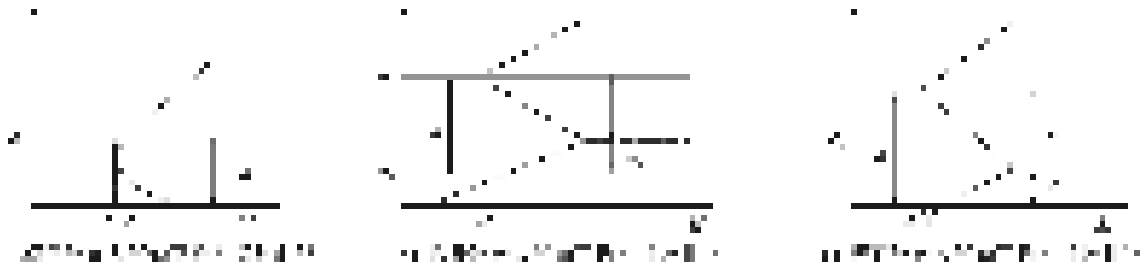


图1 大气波导修正折射指数曲线

Fig. 1 The modify refraction index curve of atmospheric duct

1.2 大气波导对可形成波导传播的电磁波波长范围的影响

在大气中传播的电磁波若要形成波导传播,其波长与大气波导厚度及大气折射指数梯度三者之间必须满足一定的关系: $\lambda_{\text{水平max}} = 2.5 \times 10^{-3} \left(-\frac{dM}{dZ} \right)^{1/2} d^{2/3}$, $\lambda_{\text{水平max}}$ 为最大陷获波长,其中水平极化 $\lambda_{\text{水平max}}$ 与垂直极化 $\lambda_{\text{垂直max}}$ 的关系为 $\lambda_{\text{水平max}} = 3\lambda_{\text{垂直max}}$,式中可以看出大气波导越强其对满足陷获条件的频率范围越宽。

1.3 大气波导对可形成波导传播的入射仰角

无人机高速数据链的传输频率一般在C波段与Ku波段,所以可以近似运用射线光学原理分析其传播特性。超折射入射角与大气波导修正折射指数之间的关系为 $\theta_c = \sqrt{-2 \times 10^{-6} h \frac{dM}{dZ}}$,式中: h 为大气波导高度, $\frac{dM}{dZ}$ 为大气修正折射指数。由此式可知:波导强度越强,其临界入射角范围越大。

2 大气波导传输损耗

目前对于大气波导的传输损耗计算方法很多,通常有抛物方程法、射线轨迹法等,但都存在一定的缺陷^[6]。美国海军圣地亚哥实验室总结出APM(Advanced Propagation Mode)模型,目前可以有效地计算出大气波导环境下的传输损耗^[7]。APM模型是将空域划分成4个区域:Flat Earth(FE),Ray Optics(RO),Parabolic Equation(PE),Extended Optics(EO)。其具体化分为:当天线仰角大于 5° ,距离小于5 km时为PE区域;当天线仰角低于 5° ,但大于临界入射角时为RO区域;当天线仰角小于临界入射角,但高度在波导波导高度之内时为PE区域;当天线仰角小于临界入射角,高度在大气波导高度之上时为EO区域。

PE区域内不考虑大气折射率与地球修正曲率的影响,只考虑直射波与反射波及它们之间相位夹角的影响。RO区域内需要考虑大气修正指数对电波传播方向和能量扩散的影响,以及直射波与反射波相位夹角的影响。EO区域内也需要考虑大修正指数对电波传播方向和能量扩散的影响,但不需要考虑直射波与反射波相位夹角的影响,这是因为该区距离足够遥远,认为反射波与直射波是平行的。PE区域内电磁波为波导传播,该区域需要考虑大气修正折射指数,通过建立分布傅里叶变换递推公式可求得场强。

3 无人机高速数据链海航信道模型

通过对大气波导条件下信道传输损耗的分析不难看出,由于大气波导的作用其内能量不易扩散、损耗较小,那么该部分能量就可能对通信系统产生严重影响。多特征信道模型^[8]通过建立多特征路径描述大气波导环境下的多径效应,并运用中心极限定理来定义正交子特征路径以描述每条特路径中包含的大量反射、折射、散射分量。该模型能够有效地描述大气波导环境中的多径问题,但其不能够有效地描述无人机高速巡航中所引发的时变多径问题。文中从大气波导的范围分布与密度分布出发结合移动通信的特点提出了弥散离散混合信道模型。下面对该混合模型进行分别讨论。

在移动通信中通常运用时变复低通等效冲击响应 $\tilde{c}(\tau, t)$ 来描述多径信道。对于离散多径信道 $\tilde{c}(\tau, t)$

$= \sum_{k=1}^{k(t)} \tilde{a}_k(\tau_k(t), t) \sigma(\tau - \tau_k(t))$ 。相应的离散多径信道低通等效输出为 $\tilde{y}(t) = \sum_{k=1}^{k(t)} \tilde{a}_k(\tau_k(t), t) \tilde{s}(t - \tau_k)$ 。

对于弥散多径信道的低通等效冲击响应为 $\tilde{c}(\tau_n(t), t) = a(\tau, t) e^{j2\pi v t}$ 。相应的弥散多径信道的低通等效输出为 $\tilde{y}(t) \int_{-\infty}^{\infty} \tilde{a}_n(\tau_n(t), t) \tilde{s}(t - \tau) d\tau$ 。

3.1 弥散多径信道模型

由于大气波导是一种介质体,该介质体密度分布就受到多种随机条件的制约,致使其密度分布并不均匀。不均匀分布必然产生强的散射,所以大气波导回波作用的影响就不能忽略。这里引入 Bello 提出的 WSSUS(广义静态非相关散射)模型对该散射进行数学表述。该模型中包含 2 个重要的时间参数 τ, t 。信道 $\tilde{c}(\tau, t)$ 的时变特性在数学上可以看作以 t 为变量的广义静态(WSS)随机过程,自相关函数为 $\mathbf{R}_c(\tau_1, \tau_2, \Delta t) = \mathbf{E}[\tilde{c}^*(\tau_1, t) \tilde{c}(\tau_2, t + \Delta t)]$ 。而且在大多数多径信道中,衰减与相移源于延时不同,可以假定不同散射体的延迟分布是不相关的。这就是非相关散射(US)假设,由此可以得到: $\mathbf{R}_c(\tau_1, \tau_2, \Delta t) = \mathbf{R}_c(\tau_1, \Delta t) \sigma(\tau_1 - \tau_2)$ 。上述包含了 WSS 和 US 两种假设,称之为衰落信道的 WSSUS 模型,从而得到以 Δt 为变量的散射函数:

$$s(\tau, v) = F_{\Delta t}[\mathbf{R}_c(\tau, \Delta t)] = \int_{-\infty}^{\infty} \mathbf{R}_c(\tau, \Delta t) e^{-j2\pi v \Delta t} dt \quad (2)$$

散射函数 $s(\tau, v)$ 是随机多径信道重要的统计值。通过它可以捕获到信道本身的快速变化特性。也正是基于 WSSUS(广义静态非相关散射)这种假设,对于解决不同散射体的时延时可以做近似计算。因为输入信号的带宽 B 是受限的,可以得到: $s(t - \tau) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \tilde{s}(t - nT) Sa(B(\tau - nT))$ 。

$$\tilde{y}(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \tilde{s}(t - nT) \int_{-\infty}^{\infty} Sa(B(\tau - nT)) \tilde{c}(\tau, t) d\tau \quad (3)$$

令 $\tilde{g}_n(t) = \int_{-\infty}^{\infty} Sa(B(\tau - nT)) \tilde{c}(\tau, t) d\tau$, 则 $\tilde{y}(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \tilde{s}(t - nT) \tilde{g}_n(t)$, 从式中可以看出收到的等效低通信号 $\tilde{y}(t)$ 可以由 $\tilde{s}(t)$ 通过抽头延时线得到。由于受到大气波导密度不均匀分布所产生的散射作用和随机动态粗糙海面散射的影响,这里认为这种弥散信道的 $\tilde{c}(\tau, t)$ 是关于 t 的高斯随机过程。由于 $\tilde{g}_n(t)$ 是对 $\tilde{c}(\tau, t)$ 作的线性运算,所以 $\tilde{g}_n(t)$ 也是一个复零均值的高斯过程的采样函数。然而一般来说, $\tilde{g}_n(t)$ 并不是相互独立的,它们之间总存在一定的相关性^[9], 所以可通过抽头增益的协方差矩阵来描述其相关特性。

$$\mathbf{R}_{KL}(\tau, \Delta t) \equiv \mathbf{E}[\tilde{g}_k(\tau, t) \tilde{g}_l^*(\tau, t + \Delta t)] = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \mathbf{E}[\tilde{c}(\tau, t) \tilde{c}^*(\mu, t + \Delta t)] Sa(B(\tau - kT)) Sa(B(\tau - lT)) d\tau d\mu \quad (4)$$

在此运用非相关散射假设,可以简化运算,使得被积分函数的期望可以转化为 $\mathbf{R}_c(\tau, \Delta t) \sigma(\tau - \mu)$, 所以 $\mathbf{R}_{KL}(\Delta t) = \int_{-\infty}^{\infty} \mathbf{R}_c(\tau, \Delta t) Sa(B(\tau - kT)) Sa(B(\tau - lT)) d\tau$, 然而 $\mathbf{R}_c(\tau, \Delta t)$ 需要 $s(\tau, v)$ 来确定,但是 $s(\tau, v)$ 经常很难测得,所以进一步假设 $s(\tau, v)$ 与 τ 独立。那么 $s(\tau, v) = \psi(\tau) s(v)$, 并且认为 $s(v)$ 是归一化的,所以 $p(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} \psi(\tau) s(v) dv = \alpha \psi(\tau)$, 因此 $\mathbf{R}_{KL}(\Delta t) = \rho(\Delta t) \int_{-\infty}^{\infty} p(\tau) Sa(B(\tau - kT)) Sa(B(\tau - lT)) d\tau$ 。那么协方差矩阵的一种表示形式为 $\mathbf{R}(\Delta t) = \mathbf{R}_0 \rho(\Delta t)$ 。

由于 $\tilde{g}_n(t)$ 是一个复零均值的高斯过程的采样函数,并且具有一定的相关性,那么定义 $\mathbf{g} = \mathbf{L} \times \mathbf{Z}$, 其中 \mathbf{Z} 为独立平稳高斯过程列向量。规定 \mathbf{Z} 的的协方差具有以下形式: $\mathbf{E}[z_n(t_1) z_n(t_2)] = \psi(\Delta t)$, 协方差矩阵还可以用另一种形式表示: $\mathbf{E}[\tilde{g}(t_1) \tilde{g}^*(t_2)] = \psi(\Delta t) \mathbf{L} \mathbf{L}^T$ 来表示,所以 $\mathbf{R}_0 \rho(\Delta t) = \psi(\Delta t) \mathbf{L} \mathbf{L}^T$, 由 $p(\Delta t) = \alpha \psi(\Delta t)$, 近似的可以认为 $p(\Delta t) = \psi(\Delta t)$ 。这样就可以得到一个重要的结论 $\mathbf{R}_0 = \mathbf{L} \mathbf{L}^T$ 。 \mathbf{L} 可以由 \mathbf{R}_0 通过 Cholesky 分解得到。通过以上分析可以将弥散信道模型用图 2 表示。其中 w_n 是均值为 0 的高斯噪声, $\sqrt{s_f}$ 为信道成型滤波器, T 为信号带宽的倒数, \mathbf{L} 为信道弥散功率自相关矩阵的 Cholesky 分解。

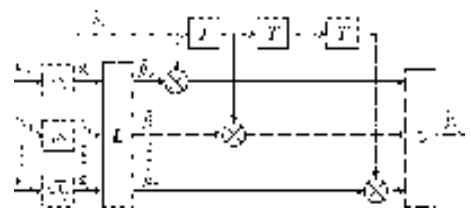
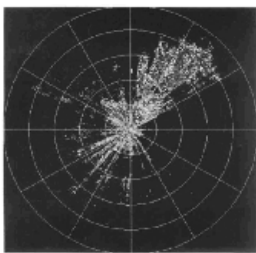


图 2 弥散信道模型

Fig. 2 Dispersion channel model

3.2 离散多径信道模型

从图 3 可以看到大气波导在海面分布是不均匀的,即使同一个方向上由于受其形成条件的制约仍然不连续分布,这样就会在同一方向上产生随机的窗口辐射波导内的能量,由于波导内的能量传播相对集中不易产生扩散作用,致使其产生的窗口辐射能量较强容易构成强支路分量。而且大气波导的形成与消失是一个慢变的过程^[3-5]。也就是说信道环境不存在突发性,那么就可以认为这些窗口辐射能量是一些离散分量。所以无人机高速数据链中的离散信道可认为是:直射分量、反射分量、大气波导陷获所产生的强支路分量所组成(连接因子法^[10]可以有效地解决大气波导内的能量与接收端的能量关系)。直射分量与反射分量其时延变化相对缓慢,可以合理地假定延时不变。问题的关键就是如何确定大气波导陷获所产生的强支路分量时延问题。无论是蒸发波导还是表面波导其陷获的能量只有在一定的范围内有足够的强度构成强支路。也就是说强支路的时延总是小于一定最大时间限制,那么仍可以合理假设大气波导产生的强之路分量的时延变化是缓慢的。也就是说时延变量 τ ,可以认为是不变的,所以可以简化模型为 $\tilde{c}(\tau, t) = \sum_{k=1}^{k(t)} \tilde{a}_k(t) \sigma(\tau - \tau_k(t))$, $\tilde{y}(t) = \sum_{k=1}^{k(t)} \tilde{a}_k(t) \tilde{s}(t - \tau_k)$ 。再次将限带方法用于这里可以得到 $\tilde{g}_n(t) = \sum_{k=1}^{k(t)} \tilde{a}_k(t) Sa(B(\tau_k - nT)) = \sum_{k=1}^{k(t)} \tilde{a}_k(t) \alpha(k, n)$, 式中: $T = B^{-1}$; $\alpha(k, n) = Sa(\tau_k/T - n)$, 所以带限离散多径信道模型可以表示为图 4 表示。其中 w_n 是均值为 0 的高斯噪声, H_f 为信道成型滤波器, T 为信号带宽的倒数, σ 为多径延时抽头增益。



2002年8月31日 22:47 雷达探测大气波导回波

图 3 雷达探测大气波导回波

Fig. 3 The radar echo of atmospheric duct

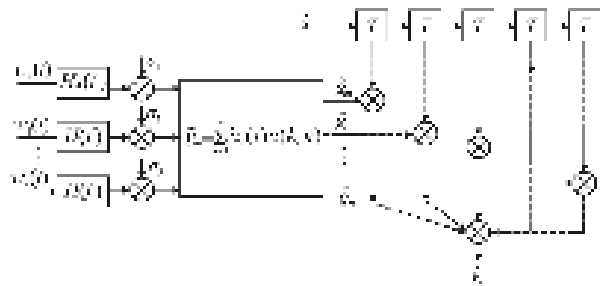


图 4 离散信道模型

Fig. 4 Discrete channel model

3.3 信道模型仿真

为了更好地描述信道特性,采用 COST207 提供的延时功率函数与多普勒频谱函数来构建弥散离散混合信道模型对该信道进行近似描述。系统带宽取 20 kHz,多普勒频移取 2 kHz。离散模型中多径分量取 3 条支路。弥散信道采用 COST207 中的 TU 延时功率与经典 Jake 谱函数。离散信道采用 COST207 中的 HT 延时功率与 Jake、Gaus1、Gaus2 多普勒函数。图 5(a)为离散信道中 3 条强支路分量的延时功率分布。需要说明的是大气波导陷获所产生的强支路分量因其路程差较大,所以有很大的时延特性,而该时延受到大气波导强度、大气波导不均匀分布的共同影响。当超过系统对于时延的处理能力时该部分可认为是同频段的干扰。其与有用信号的区别在于到达时间、能量大小的不同。而且增大发射信号能量时该部分信号能量也会随之增大。图 5(b)为随机动态粗糙海面散射与大气波导层的散射、折射共同作用的延时功率分布,该衰减受指数受到大气波导与海面粗糙度的共同影响,但其相对于离散信道能量较弱。图 5(c)为无人机高速数据链海航信道总的延时功率分布特性。采用 COST207 模型仿真得到的是一种近似模拟。



图 5 信道延时功率分布

Fig. 5 Delayed power density of the channel

通过上述分析不难看出该气象条件的复杂多样性,由于不同的大气波导特性也不相同,所以针对于测量

大气波导条件下的高速数据链信道参数需要有很强的针对性,需要对不同水域、不同季节、不同时间的多种大气波导进行大量有针对性的测量,以便得到不同波导条件下的信道统计特性。

4 结论

在海航环境下,无人机高速数据链系统受到大气波导这一复杂气象条件的严重影响,通过分析大气波导的形成机理,与其作用下信道中信号能量分布的特点,结合实测雷达信号数据将能量分布与大气波导密度分布、范围分布结合起来提出了弥散离散混合信道模型。通过该模型可以看出该信道特性的决定因素就是其信道的延时功率分布特性。而且上述的分析也表明该延时功率分布具有很强的随机性,所以针对于不同的大气波导在不同时间、不同水域、不同季节的延时功率测量是十分必要的。本文为该环境下信道统计模型的测量提供了理论依据。

参考文献:

- [1] 梁俊,袁晓刚,杨芳. 通用数据链传输信道分析[J]. 空军工程大学学报:自然科学版,2006,7(2):58-61.
LIANG Jun, YUAN Xiaogang, YANG Fang. Transmission Channel Analysis of Common Data Link[J]. Journal of Air Force Engineering University: Natural Science Edition, 2006, 7(2): 58-61. (in Chinese)
- [2] Michael, Edrich Ralph, Schmalenberger. Combined DSSS/FHSS Approach to Interference Rejection and Navigation Support in UAV Communication and Control [J]. IEEE, 2002, 7(2): 687-691.
- [3] 刘成国,黄际英,江长荫. 东南沿海对流层大气波导结构的出现规律[J]. 电波科学学报, 2002, 17(5): 510-513.
LIU Chengguo, HUANG Jiying, JIANG Changyin. The Occurrence of Tropospheric Ducts Over the Southeastern Coast of China[J]. Chinese Journal of Radio Science, 2002, 17(5): 510-513. (in Chinese)
- [4] 姚展予,赵柏林,李万彪,等. 大气波导特征分析及其对电磁波传播的影响[J]. 气象学报, 2000, 58(7): 606-616.
YAO Zhanyu, ZHAO Bolin, LI Wanbiao, et al. The Analysis on Characteristics of Atmospheric Duct and Its Effects on the Propagation of Electromagnetic Wave [J]. Acta Meteorologica Sinica, 2000, 58(7): 606-616. (in Chinese)
- [5] 官莉,顾松山,火焰. 大气波导形成条件及传播路径模拟[J]. 南京气象学院学报, 2003, 26(5): 632-637.
GUAN Li, GU Songshan, HUO Yan. Necessary Conditions for Forming Duct Propagation and Simulation of Electromagnetic Wave Propagation [J]. Journal of Nanjing Institute of Meteorology, 2003, 26(5): 632-637. (in Chinese)
- [6] 史建伟,蔡豪,丁飞. 利用高级传输模型分析雷达探测距离对蒸发波导高度的敏感性[J]. 舰船科学技术, 2006, 28(5): 72-75.
SHI Jianwei, CHA Hao, DING Fei. Sensitivity Study of the Height of Evaporation Duct to Radar Coverage Range with Advanced Propagation Model [J]. Ship Science and Technology, 2006, 28(5): 72-75. (in Chinese)
- [7] Amalia E Barrios. Consideration in the Development of the Advanced Propagation Model (APM) for US Navy Application [J]. IEEE, 2003, 78(7): 77-82.
- [8] 赵小龙,黄际英,弓树宏. 大气波导多特征路径信道模型研究[C]//2007全国博士论坛. 西安:西安电子科技大学, 2007:94-97.
ZHAO Xiaolong, HUANG Jiying, GONG Shuhong. Research on Multi-eigenpath Channel Modeling in Marine Atmospheric Duct [C]//2007 Doctoral Forum of China. Xi'an: Xidian University, 2007: 94-97. (in Chinese)
- [9] 周希元,陈卫华,比见鑫. 通信系统仿真[M]. 北京:国防工业出版社, 2004.
ZHOU Xiyuan, CHEN Weihua, BI Jianxin. Simulation of Communication Systems [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2004. (in Chinese)
- [10] Douchin N, Bolioli S. Theoretical Study of the Evaporation Duct Effect on Satellite-to-ship Radio Links Near the Horizon [J]. IEEE, 1994, 141(4): 272-278.

(编辑:徐楠楠)

(下转第56页)

Abstract: Simulation Model Validation is one of the key content in modeling and simulation VV&A. The methods of simulation model validation include time domain, frequency domain and time – frequency analyses. Though the methods of time domain and frequency domain are used widely, the analytic means is considered single. However the methods of time – frequency analyses have particular advantage. The application of wavelet transform has been involved in many fields in recent years, for example, signal processing, pattern recognition and fault diagnosis etc. The paper attempted to apply wavelet transform to simulation model validation. The basic theory and property of multi – resolution analysis on wavelet transform are applied, based on the idea that the signal characteristic is described by using the wavelet transform coefficients. On the basis of multi – scale decomposition of wavelet transform, the output sequences of the simulation model and real system are divided into low frequency and high frequency parts, and the consistence test method based on the discrete wavelet transform coefficients is built according to their respective characteristics. The application example is given and the validity of the method proved.

Key words: simulation model validation; discrete wavelet transform; multi – resolution analysis; consistence test

(上接第 32 页)

The Analysis of Channel Characteristic of UAV High Speed Date Link Based on Sea Atmospheric Guide

BAI Yang, LIANG Jun, ZHANG Qiang, XUE Guo – hong

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

Abstract: Because the evaporation of seawater and the onflow of the sea breeze, the atmospheric humidity dimension with altitude in range of offing, it makes Atmospheric Guide. The high speed data link of unmanned aerial vehicle(UAV) is affected badly by the multiple channels of atmospheric guide in sea navigating. The APM model is made for computing the transmittal loss, which shows that the energy fastens on the Atmospheric Guide, so strong branches and dispersion are caused. By combining the reality radar echo figures and the mechanism, the model of dispersion discrete multiple channels is given. The course of academic analysis and idiographic actualizing methods of the model are expatiated, which can provide an important theory basis for the measurement of the channel characteristic.

Key words: high speed data link; atmospheric guide; dispersion channel model; discrete channel model

(上接第 51 页)

Layered Dynamic Identification Assigning Algorithm for Wireless Sensor Network

TANG Jian^{1,2}, SHI Hao – shan¹, YANG Qi¹, LI Xue – song^{1,2}

(1. School of Electronics and information, Northwest Polytechnical University, Xi'an 710072, China; 2. Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710077, China)

Abstract: Sensor network, which is made by the convergence of sensor, micro – electro – mechanism system and networks technologies, is a novel technology about acquiring and processing information. Wireless communication module is the most important component of the energy consumption on the WSN node boards, node identity is necessary in each communication with others. We consider the wireless sensor network (WSN) as a unknown anonymous network (UAN) and analyze the disadvantage of assigning distinct identities which have been proposed to nodes of an UAN. The paper discusses the three phases of the identity assigning, then presents a new Layered Dynamic Identification Assigning (LDIA) algorithm for WSN, which is a distributed and energy efficient solution. The performance of the LDIA is verified under the NS2 simulation environment and in comparison with the DFS、0 – 1 – Split、L – P and W&L methods, and a number of experiments are performed under the NS2 Simulation Environment. The simulation results indicate that the proposed algorithm can satisfy the requirements for flexible deployment, low cost, high scalability and it is more effective.

Key words: wireless sensor network (WSN); unique node identification; anonymous network; layered dynamic ID assigning