

基于 C++Builder 6 的大气激光通信系统仿真平台的设计

陈艳余, 陈辉

(桂林电子科技大学 信息与通信学院, 广西 桂林 541004)

摘要: 基于大气激光通信原理, 总结了大气激光通信系统的数学模型, 提出了一种基于 C++Builder 6 的数值化大气激光通信系统的可视化设计方案。详细讲述了大气衰减信道的设计, 并以模拟光强度调制/直接检测通信系统为例对其全过程进行了仿真研究。系统设计简单, 参数修改方便, 为在 C++Builder 6 环境下进行激光通信的研究与开发提供了依据, 也为教学演示及实验提供了经济、实用的仿真平台。

关键词: 大气激光通信系统; 仿真平台; 强度调制/直接检测; C++Builder 6

中图分类号: TN929.12

文献标识码: A

Design of simulation platform for atmospheric laser communication system based on C++Builder 6

CHEN Yan Yu, CHEN Hui

(Institute of Information and Communication, Guilin University of Electronic Science and Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: Based on atmosphere laser communication principle, by summarizing atmosphere laser communications system's mathematical model, a numerical visualization design scheme is proposed. We narrated atmospheric channel's design in detail. For example, we conducted the simulation research for the entire process of light intensity modulation/direct examination system. The system design is simple, and the parameter revision is convenient, it provides certain basis for the research and development of laser communication, also provides an economical and practical simulation platform for teaching demonstration and experiment.

Key words: atmosphere laser communications; simulation platform; intensity modulation/direct examination; C++Builder 6

大气激光通信容量大、组网灵活、建设快速便捷、无需频谱许可、安全保密性强、协议透明、成本较低, 是构建局域网和实现宽带无线接入的一种重要的通信方式。

由于现有文献涉及大气激光通信系统的数学仿真方法和仿真平台方面的较少, 现有仿真软件带有大气信道模块的不多, 本文基于 C++Builder 6 进行的大气激光通信系统的可视化设计, 是教学演示和实验的一个很好的工具, 也为大气激光通信系统的研究与开发提供了一定的依据。

1 大气激光通信系统的数学模型

1.1 大气激光通信的原理

大气激光通信的原理^[1]如图 1 所示。信源经过编码器编码后, 加载到调制器的激励器上, 激励电流随信号的变化而变化, 激光器的输出信号经过调制器调制之后, 相关参数(强度、相位、振幅和偏振)就会按相应规律变化。经过光发射天线转换为发散角很小的已调光束向大气发射出

去。在接收端, 接收天线接收到已调光束之后, 经过光检测器转换为电信号, 再经信号处理, 最后由信宿恢复出原始信息。

无线光通信系统的调制解调大多采用光强度调制/直接检测。模拟信号直接光强度调制系统的噪声主要来源于光检测器的量子噪声、暗电流噪声、负载电阻 RL 的热噪声和

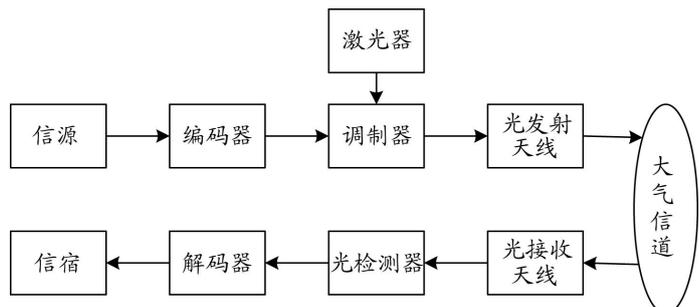


图 1 大气激光通信的原理

《微型机与应用》2009 年第 22 期

软件天地 Software Technology

前置放大器的噪声。

由于大气激光通信系统的大气信道是随机的,其中大气气体分子、气溶胶粒子、尘埃、雾、雨、霾等对激光信号的吸收、散射以及大气湍流效应使得激光信号在传输过程中产生光斑闪烁、光束漂移和光斑分裂,这将严重影响大气光通信的稳定性和可靠性。为此,在恶劣的天气下采用微波与FSO的有机结合可有效地解决大气衰减造成的影响;大气闪烁可采用多束激光发射的方法加以解决;ATP技术能有效地克服光束抖动、漂移等。此外采用信道编码的方式也可以有效地克服大气对通信的影响。

1.2 大气激光通信系统的数学模型^[1-2]

$$\text{光强度调制的光强: } I(t) = \frac{1}{2} [1 + m_p \cos(\omega_m t)] \cos^2(\omega_c t)$$

$$\text{发射天线输出光强: } I_e(t) = \frac{\eta_e}{2} [1 + m_p \cos(\omega_m t)] \cos^2(\omega_c t)$$

$$\text{接收天线接收的信号光功率: } P_r = P_t \eta_r \eta_e e^{-\alpha} \left(\frac{d_r}{\theta L}\right)^2$$

$$\text{接收天线的信号光强: } I_r(t) = \eta_r \eta_e e^{-\alpha} \left(\frac{d_r}{\theta L}\right)^2 I_e(t)$$

$$\text{检测器的输出功率: } P_c = G^2 R^2 P_b^2 R_L, \text{ 其中 } R = \eta_e e/hf$$

正弦信号直接光强调制系统的信噪比:

$$SNR_0 = 101g \frac{(m_p R P_b G)^2}{2B(2eR P_b + 2eI_d + 4KTF/R_L)} \text{ dB}$$

$$\text{只存在量子噪声的信噪比: } SNR = 101g(m_p^2 G^2 \eta_r P_i / 4hf/B) \text{ dB}$$

系统的极限灵敏度:

$$P_r = 101g \left(\frac{P_b / \sqrt{2}}{10^{-3}} \right) = 101g \left(\frac{2\sqrt{2} hfB / (m_p^2 G^2 \eta_r)}{10^{-3}} \right) 10^{0.1SNR} \text{ dBm,}$$

SNR 单位为 dB。

其中:调制信号 $s(t) = \cos(\omega_m t)$, 激光光强 $I_0(t) = \cos^2(\omega_c t)$, ω_c 为光载波频率, m_p 为强度调制指数; η_e 为发射天线效率; P_t 为发射信号光功率, η_r 为接收天线效率, $e^{-\alpha}$ 为大气信道衰减, $\left(\frac{d_r}{\theta L}\right)^2$ 为几何衰减。

2 软件平台的实现

本系统的仿真软件选用 C++Builder 6 和 Matlab, 混合编程用的是 Matcom 4.5^[3]。本系统以模拟光强度调制/直接检测通信系统为例,系统的主界面设计如图 2 所示。

在图 2 中点击相应按钮即出现相应参数设置界面。在



图 2 大气激光通信系统演示的主界面

每个参数设置界面里有参数设置和运行结果按钮。设置好参数后,点击相应按钮就可以看到每一步的结果。所有参数设置好后,点击主界面的 RUN 按钮,可得到整个系统的运行结果。

2.1 信源的设计

以正弦波为例,设信号的相位为 0 rad。点击信源按钮,按图 3 设置好信号频率编译后,点击信号波形显示按钮,即得到信号波形,如图 4 所示。



图 3 信源参数设置界面

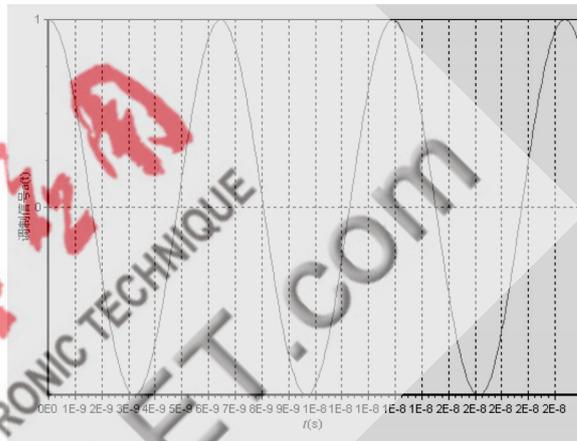


图 4 信号波形

2.2 激光器的设计

点击激光器按钮,激光器参数设置如图 5 所示,设置好参数后,点击激光光强按钮即显示激光光强。

设置好信源和激光器的参数后,在主界面点击光强调制器,即显示光强调制的输出波形,如图 6 所示。

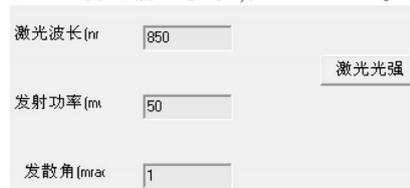


图 5 激光器参数设置界面

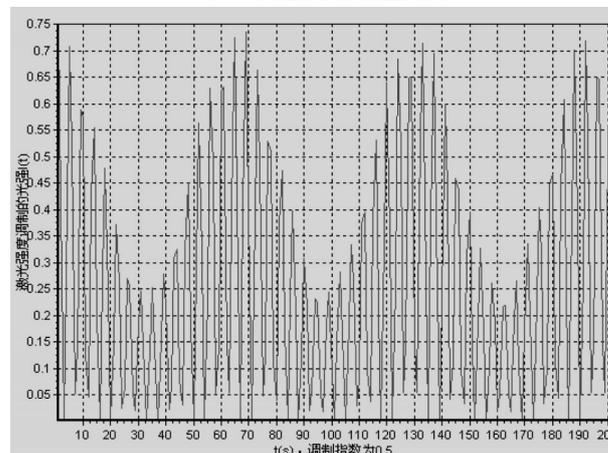


图 6 光强调制输出

软件天地 Software Technology

2.3 发射天线的设计

发射天线的参数设置界面如图 7 所示。



图 7 发射天线参数设置界面

2.4 大气信道的的设计

大气衰减信道的模型包括雨模型、雾模型、雪模型,分别描述如下:

(1)雨衰减模型: $A = kR^a$, 其中 k 和 a 为与极化有关的回归系数, R 为降雨率, 单位为 mm/h。

(2)雾衰减模型: $\sigma = \frac{3.912}{V} \left(\frac{0.55}{\lambda_{nm}} \right)^q$, V 为能见度, 单位为 km。 q 值的 Kim 模型为: $V > 50$ km 时, $q = 1.6$; 6 km $< V < 50$ km 时, $q = 1.3$; 1 km $< V < 6$ km 时, $q = 0.16V + 0.34$; 0.5 km $< V < 1$ km 时, $q = V - 0.5$; $V < 0.5$ km 时, $q = 0$ 。

(3)雪衰减模型: $A = aS^b$ (dB/km)。对于干雪: $a = 5.42 \times 10^{-5} \lambda + 5.4958776$, $b = 1.38$; 对于湿雪: $a = 1.023 \times 10^{-4} \lambda + 3.785546$, $b = 0.72$ 。

大气衰减信道的参数设置如图 8 所示。参数设置好后, 点击衰减按钮, 得衰减系数 (dB/km)。



图 8 大气衰减信道的参数设置

2.5 接收天线的设计

接收天线的参数设置如图 9 所示。

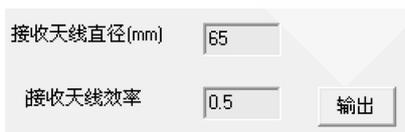


图 9 接收天线参数设置界面

2.6 光检测器的设计

光检测器的设计的参数设置如图 10 所示。

3 系统性能

设光波长为 $0.85 \mu\text{m}$, 发射功率为 50 mW , 量子效率为 0.8 , APD 的倍增因子为 150 , 带宽为 0.08 GHz , 在限定信噪



图 10 光检测器的参数设置界面

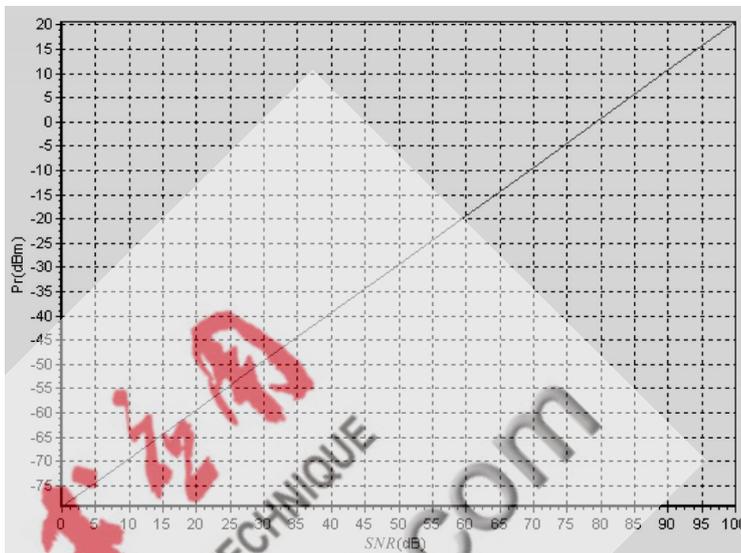


图 11 系统灵敏度跟信噪比的关系

比 $\text{SNR} = 50 \text{ dB}$ 下光接收机的极限灵敏度 $Pr = -29.3 \text{ dBm}$ 。实际系统灵敏度比极限灵敏度要低得多。

本系统灵敏度跟信噪比的关系如图 11 所示。

由图 11 可知, 信噪比越大, 接收灵敏度越大, 光接收机能接受微弱光信号的能力越强。

本文基于大气激光通信系统的基本原理, 构建了大气激光通信系统的数学模型, 利用 C++Builder 6 和 Matlab 设计了一个直观的大气激光通信的演示系统, 模拟了光强调制/直接检测通信系统的仿真过程。该系统可操作性强, 在 C++Builder 环境下可以用来对本研究领域其他大气激光通信模型进行模拟。

参考文献

- [1] 柯熙政, 席晓莉. 无线激光通信概论[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2006.
- [2] 刘增基, 周洋溢, 胡辽林, 等. 光纤通信[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2007.
- [3] 代显智. 利用 Matcom 实现 C Builder 对 Matlab 函数的调用[J]. 计算机与现代化, 2003: (6).

(收稿日期: 2009-08-13)

《微型机与应用》2009 年第 22 期