

文章编号: 2095-2163(2021)06-0100-04

中图分类号: TN919

文献标志码: A

基于信道扩频的网络安全优化传输技术

高宇宁

(广东工业大学 华立学院, 广州 511325)

摘要: 在分布式网络传输中,受到码间干扰容易产生信道失衡。为了提高网络传输均衡性和安全性,需要进行信道均衡调制处理,本文提出基于信道扩频的网络传输均衡调制算法,构建超高频网络通信信道模型,利用相邻的两组训练码进行信道参数测量,提取网络传输信道传输信号的谱特征量,采用前馈滤波器完成匹配滤波,根据谱特征偏移进行信道畸变补偿,采用最大比合并分集判决反馈调节方法进行网络传输均衡调制,计算信道的冲激响应,以此作为补偿系数进行信道畸变补偿,构建分集判决反馈均衡器实现网络传输信道补偿和自适应均衡调制。仿真结果表明,采用该方法进行分布式网络传输的信道均衡性较好,抗干扰能力较强,输出误码较低,实现了网络安全优化传输。

关键词: 信道畸变补偿; 网络传输; 均衡; 调制; 抗干扰

Communication equalization modulation algorithm based on channel distortion compensation

GAO Yuning

(Huali College Guangdong University of Technology, Guangzhou 511325, China)

[Abstract] Channel imbalance is easy to be caused by inter-symbol interference in distributed network transmission. In order to improve the equalization of communication and the security of network transmission, it is necessary to carry out channel Equalization modulation processing, and a communication Equalization Modulation algorithm based on channel spread spectrum is proposed. The transmission channel model of UHF network is constructed, two groups of adjacent training codes are used to measure the channel parameters, the spectral characteristics of the transmission signal of the network transmission channel are extracted, the matched filter is used to complete the matching filter, the channel distortion is compensated according to the spectral feature offset, and the maximum ratio combined diversity decision feedback adjustment method is used to adjust the communication equilibrium modulation, and the impulse response of the channel is calculated. As the compensation coefficient, the channel distortion is compensated, and the diversity decision feedback equalizer is constructed to realize the network transmission channel compensation and adaptive Equalization modulation. The simulation results show that the channel balance of distributed network transmission using this method is good, the anti-interference ability is strong, the output error code is low, and the network security optimization transmission is realized.

[Key words] channel distortion compensation; communication; equalization; modulation; anti-interference

0 引言

随着网络传输技术的快速发展,对网络传输的质量和输出数据的保真率提出更高的要求,需要构建网络传输信道均衡控制模型,进行网络传输抗干扰滤波和调制,在高频网络通信中,由于信道的码间存在干扰,导致网络传输输出的信道均衡性不好,需要进行网络传输均衡调制设计,建立高频网络通信的抗干扰滤波模型,采用信道调制解调方法,实现网络传输信道均衡控制,提高网络传输输出的质量,研究网络传输均衡调制算法在优化网络传输质量方面具有重要意义,相关的网络传输均衡调制算法研究受到人们的极大关注^[1]。

当前,对网络传输均衡调制的方法主要有分集

均衡控制方法、自适应码间干扰抑制方法、波特间隔均衡方法等^[2]。建立高频网络通信信道模型,采用信道特征尺度调制方法,进行高频网络通信的信道均衡控制。基于非线性失真单周控制的高频网络通信调制方法,采用非线性失真补偿方法进行网络传输信道传输过程中的干扰抑制,提高网络传输的质量,但该方法进行网络传输调制的自适应性不好,抗干扰能力不强^[3];基于载波调制失真抑制的网络传输信道均衡方法,采用 Hilbert 变换扩频方法进行网络传输信道均衡,但该方法进行信道均衡调制的模糊度较大,收敛性不好^[4]。

针对上述问题,本文提出基于信道扩频的网络传输均衡调制算法。构建超高频网络通信信道模型,利用相邻的2组训练码进行信道参数测量,提取

作者简介: 高宇宁(1981-),男,硕士,助教,主要研究方向:网络工程、网络安全。

收稿日期: 2021-02-24

网络传输信道传输信号的谱特征量,根据谱特征偏移进行信道畸变补偿,采用最大比合并分集判决反馈调节方法进行网络传输均衡调制,构建分集判决反馈均衡器,实现网络传输信道补偿和自适应均衡调制。最后通过仿真实验进行性能测试,得出有效性结论。

1 信道模型和信道参数测量

1.1 网络传输信道模型

为了实现高频网络通信的信道均衡控制和调制,首先构建高频网络通信信道模型,采用BPSK调制码元进行信道传输的过程控制^[5],构建网络传输的信道模型如图1所示。

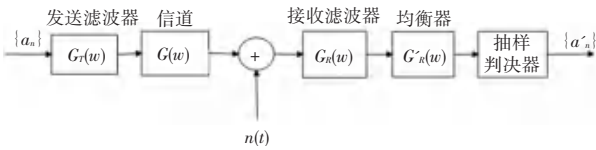


图1 网络传输的信道模型

Fig. 1 Channel Model of network transmission

构建超高频网络通信信道模型,利用相邻的两组训练码进行信道参数测量,在信号的输入端,得到各支路信号 $G(V, r)$, ($r \leq \delta \cdot r_{\max}$, $\delta \in (0, 1)$, $r_{\max} = (P(N_0\beta)^{-1})^{1/\alpha}$)。计算第 k 条衰落信道的相移,得到网络传输信道的反馈调节模型为式(1):

$$R_w(l) = E[w(k)w^H(k+l)] = \int_{-\pi}^{\pi} \int_{\Theta} \frac{1}{\Delta\sqrt{2\pi}} e^{-j(\theta-\theta_0)2/\Delta^2} a(\theta) a^H(\theta) d\theta. \quad (1)$$

式中, θ_0 和 Δ 2个参数分别表示网络传输系统的最大合并比和调频特征; $a(\theta)$ 表示信道调制卷积函数; $w(k)$ 表示滤波系数。采用前馈滤波器完成匹配滤波,采用分段拟合的方式补偿非线性失真^[6],得到网络传输信道的输出冲击响应特征为式(2):

$$c(\tau, t) = \sum_n a_n(t) e^{-j2\pi f_c \tau_n(t)} \delta(t - \tau_n(t)). \quad (2)$$

其中, $a_n(t)$ 是第 n 条传输信道上的振荡幅值,得到网络传输传播衰减系数为式(3):

$$h(t) = \sum_{i=1}^P a_i p(t - \tau_i). \quad (3)$$

其中, a_i 和 τ_i 分别是网络传输信道的传输时间延迟和频率响应。根据上述分析,构建网络传输信道模型,结合信道均衡调制方法,进行信道参数测量。

1.2 信道参数测量与特征提取

当信道响应扩展时间超过奈奎斯特采样率时,

采用信道多径扩展方法进行信道模型设计^[7],得到信道参数测量函数为式(4):

$$S_{ri}(t) = S(t) * h'_i(t) + n_{si}(t). \quad (4)$$

其中, $h'_i(t)$ 为网络传输信号 $S(t)$ 的模糊度函数。

使用线性均衡器进行均衡控制,得到高频网络通信的自相关函数为式(5):

$$r_i(t) = S_{ri}(t) * p_{ri}(-t) = S(t) * p(-t) * h'_i(t) * h_i(-t) + n_{li}(t), \quad (5)$$

其中,

$$n_{li}(t) = S(t) * h'_i(t) * n_{pi}(-t) + n_{si}(t) * p(-t) * h_i(-t) + n_{si}(t) * n_{pi}(-t). \quad (6)$$

在非高斯噪声环境下,通过计算波特率进行采样,得到网络传输信道的参数优化输出为式(7):

$$r(t) = \sum_{i=1}^M r_i(t) * p(t) = S(t) * p(t) * p(-t) * \sum_{i=1}^M h'_i(t) * h_i(-t) + \sum_{i=1}^M n_{li}(t) \quad (7)$$

其中, $n_i(t)$ 为噪声项,表示为: $n_i(t) = n_{li}(t) * p(t)$ 。根据信道参数计算结果,进行网络传输均衡调制。

2 信道均衡调制算法优化

2.1 信道畸变补偿

在信道模型构造的基础上,提取网络传输信道传输信号的谱特征量,采用前馈滤波器完成匹配滤波,选择加权系数,式(8):

$$\{b'_1, b'_2, \dots, b'_v\} = \underset{\{b_1, b_2, \dots, b_v\}}{\operatorname{argmin}} \left(\max_{\sum_{v=1}^V b_v \cdot x_v < 0, 1 \leq n \leq N} \left| \sum_{v=1}^V b_v \cdot x_v \right|^2 \right). \quad (8)$$

对超出奈奎斯特频率以外的传输码元进行调制滤波,得到网络传输终端输出的正信号 s_k^+ 表示为式(9):

$$s_k^+ = \begin{cases} V_{\max}, & x_k^+ > V_{\max}; \\ x_k^+, & 0 \leq x_k^+ \leq V_{\max}. \end{cases} \quad (9)$$

基于被动时间镜翻转技术,得到翻转负信号 s_k^- ^[8],表示为式(10):

$$s_k^- = x_k^- + \chi_k. \quad (10)$$

根据谱特征偏移进行信道畸变补偿,采用最大比合并分集判决反馈调节方法进行网络传输均衡调制^[9],对正信号 s_k^+ 和翻转负信号 s_k^- 再进行线性拟合,结合线性反馈滤波方法,进行网络传输延迟控制^[10],构建自适应横向滤波器,得到网络传输调制

输出为式(11)~式(13):

$$t_a = E(T_a) = t_a^0 + \beta t_a^0 E((V_a)^n) E(1/(C_a)^n), a \in A, \quad (11)$$

$$E((T_a)^2) = (t_a^0)^2 + 2\beta (t_a^0)^2 E((V_a)^n) E(1/(C_a)^n) + (\beta t_a^0)^2 E((V_a)^{2n}) E(1/(C_a)^{2n}), a \in A, \quad (12)$$

$$\varepsilon_i^a = Var(T_a) = E((T_a)^2) - (E(T_a))^2, a \in A. \quad (13)$$

根据上述分析,构建信道畸变补偿模型,实现过程如图2所示。

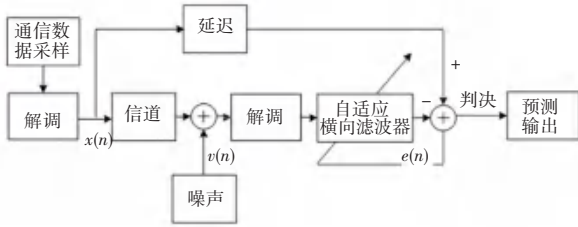


图2 信道畸变补偿的实现过程框图

Fig. 2 Block diagram of realizing channel distortion compensation

2.2 信道均衡调制优化

构建分集判决反馈均衡器实现网络传输信道补偿和自适应均衡调制,采用动态负载均衡传输控制方法进行高频网络通信过程中的码元输出自适应调节^[11],得到码元输出为式(14):

$$m_k = \Phi^k(\omega) |_{\omega=0} = m_1 E[x^k] = m_1 \int_{-\infty}^{+\infty} x^k f(x) dx. \quad (14)$$

显然, $m_1 = E(x) = \eta$, 根据采样速率与码元速率的关系进行时延控制,构建信道均衡调制模型,得到均衡后的码元间隔满足式(15):

$$m_k = E[x^k] = \begin{cases} 0, & (k \text{ 为奇数}), \\ 1 \cdot 3 \cdot \dots \cdot (k-1) \sigma^2, & (k \text{ 为偶数}). \end{cases} \quad (15)$$

对网络传输的频率参数进行自适应调整,以补偿信道畸变,提取信号的传输谱特征量。为了补偿一帧数据时间内信道变化,采用信道畸变补偿方法,得到反馈链路为式(16):

$$G(U | \mu_k, \sum_k) = (2\pi)^{-d/2} \left| \sum_k \right|^{-1/2} \times \exp \left\{ -\frac{1}{2} (U - u_k)^T \sum_k^{-1} (U - u_k) \right\}. \quad (16)$$

其中, $G(U | \mu_k, \sum_k)$ 表示信道的深度衰落特征量, u_k 表示网络传输信道均衡输出的码元序列,构建分集判决反馈均衡器,实现网络传输信道补偿和自适应均衡调制,分集判决反馈均衡器的结构式为式(17)和式(18):

$$\frac{\partial k(W^T z)}{\partial W} = \text{sign}(k(W^T z)) * [E\{z(W^T z)^3\} - 3W \|W\|^2], \quad (17)$$

$$k(x) = E(x^4) - 3E(x^2). \quad (18)$$

综上所述,实现基于信道扩频的网络传输均衡调制,提高了输出的均衡性和自适应性,降低了输出误码率。

3 仿真实验与结果分析

为了测试本文方法在实现网络传输信道均衡调制中的应用性能,进行仿真实验,设定网络传输信号的长度为1 024 Kbps,码元序列大小为200 Bit,调制序列长度为100 s,调制幅度可以达到20~30 dB,信道中的码间干扰信噪比为-20 dB,得到网络传输信号如图3所示。

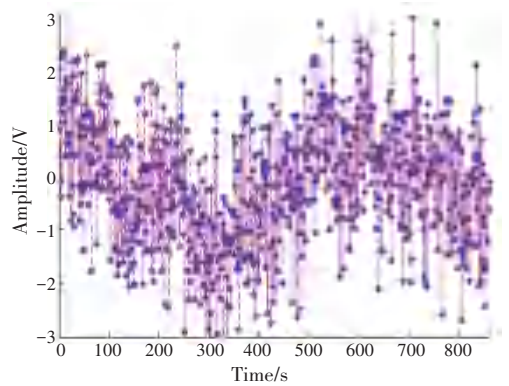
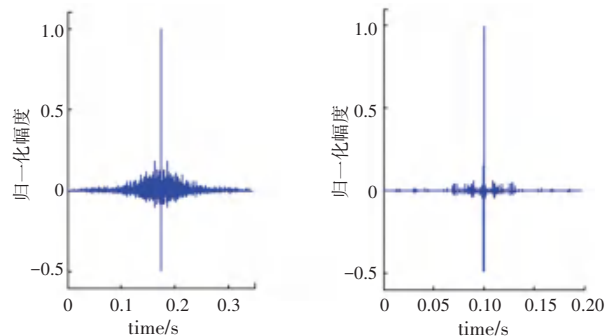


图3 网络传输信号

Fig. 3 Network transmission signal

图3中六角形表示冲激码元,以图3的信号为输入,提取网络传输信道传输信号的谱特征量,采用信道畸变补偿方法实现网络传输均衡调制,输出调制结果如图4所示。



(a) QAM方法 (b) 本文方法
(a) QAM method (b) This essay method

图4 信道均衡性能对比

Fig. 4 Channel equalization performance comparison of this method

分析图4得知,采用本文方法进行信道畸变

补偿,实现信道均衡,输出网络传输信号码元的均衡性较高,测试输出误码率,误码率越低,表示安全性越好,得到对比结果如图5所示。本文方法进行网络传输均衡调制,输出误码率较低,提高了网络信息传输和网络传输的质量。

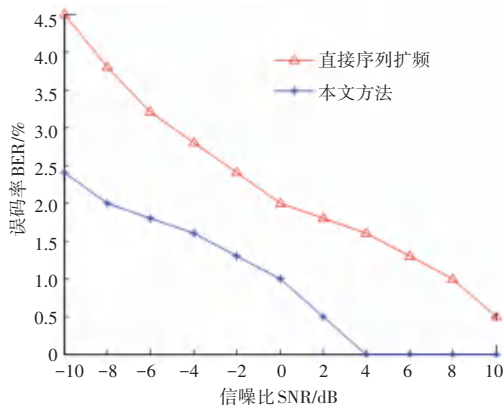


图5 输出误码率对比

Fig. 5 Output bit error rate comparison

4 结束语

本文研究了网络传输质量优化问题,提出基于信道扩频的网络传输均衡调制算法。构建超高频网络通信信道模型,利用相邻的两组训练码进行信道参数测量,提取网络传输信道传输信号的谱特征量,采用前馈滤波器完成匹配滤波,根据谱特征偏移进行信道畸变补偿,采用最大比合并分集判决反馈调节方法进行网络传输均衡调制,计算信道的冲激响应,以此作为补偿系数进行信道畸变补偿,构建分集

判决反馈均衡器实现网络传输信道补偿和自适应均衡调制。分析得知,采用该方法进行分布式网络传输的信道均衡性较好,抗干扰能力较强,输出误码率低,具有很好的网络传输优化能力。

参考文献

- [1] 刘家亮,王海燕,姜喆,等. 垂直线列阵结构对 PTRM 阵处理空间增益的影响[J]. 鱼雷技术,2010,18(4): 263-267.
- [2] 姚如贵,蒋朋飞,马骏,等. 面向光网络传输的物理帧格式设计与同步算法研究[J]. 西北工业大学学报,2018,36(5): 904-910.
- [3] 孙志国,徐天宇,邓昌青,等. 16-QAM 信号的最佳干扰分析[J]. 哈尔滨工程大学学报,2018,39(7): 1245-1250.
- [4] 刘少坤,闫晓鹏,栗苹,等. 脉冲多普勒引信抗周期调制干扰性能研究[J]. 北京航空航天大学学报,2018,44(5): 1018-1025.
- [5] 罗亚松,胡生亮,刘志坤,等. 正交频分复用声网络传输自适应调制算法[J]. 国防科技大学学报,2017,39(1): 153-158.
- [6] 马爽,吴志勇,高世杰,等. 改进的大气激光网络传输 PPM 调制解调系统设计[J]. 哈尔滨工业大学学报,2016,48(5): 105-109.
- [7] 冯径,熊鑫立,蒋磊. 软件网络传输适配器的调制模式识别算法[J]. 东南大学学报(自然科学版),2017,47(3): 456-460.
- [8] 易利容,王绍宇,殷丽丽,等. 基于多变量 LSTM 的工业传感器时序数据预测[J]. 智能计算机与应用,2018,8(5): 13-16.
- [9] ZHAO Dan, SUN Xiangkai. Some Robust Approximate Optimality Conditions for Nonconvex Multi-Objective Optimization Problems [J]. Applied Mathematics and Mechanics, 2019, 40(6): 694-700.
- [10] OSKOOI A F, ROUNDY D, IBANESCU M, et al. Meep: A flexible free-software package for electromagnetic simulations by the FDTD method[J]. Computer Physics Communications, 2010, 181(3): 687-702.
- [11] 何怡刚,许越,李兵,等. 几何散射环境下的车载通信信道建模与分析[J]. 电子测量与仪器学报,2018,32(9): 80-87.

(上接第99页)

了新的目标函数,求解转换矩阵。最后做对比实验,并对得到的配准结果进行误差计算和分析,证明了改进的配准算法的准确性,达到了目标精度。

除了通过主从配准技术,在主手端实时显示从手端导管位置以外,未来的研究还将包括主手端重建交互力,避免了从手端由传感器测得力数据的传输延迟;还包括力觉预警,介入手术时,当导管与血管壁接触受力超过安全阈值时,这种方法可以用来警告医生,避免手术误操作,对病患造成二次伤害。

参考文献

- [1] HEUNIS C M, SIKORSKI J, MISRA S. Flexible instruments for endovascular interventions [J]. IEEE Robotics & Automation Magazine 2018, 25(3): 71-82.
- [2] 付宜利,高安柱,刘浩,等. 导管机器人系统的主从介入[J]. 机器人, 2011(5): 579-584.

- [3] 周圆圆. 主动导管图像引导技术研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2010.
- [4] E A D L A, B S E, D A L B, et al. Electromagnetic Tracking for Registration and Navigation in Endovascular Aneurysm Repair: A Phantom Study [J]. European Journal of Vascular and Endovascular Surgery, 2012, 43(6): 684-689.
- [5] BESL P J, MCKAY H D. A method for registration of 3-D shapes [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence, 1992, 14(2): 239-256.
- [6] 谢小辉,杨光,那奇,等. 肝脏介入治疗中基于 B 样条变形模型的配准[J]. 中国医学影像学杂志, 2011(8): 62-65.
- [7] Besl P J, Mckay N D. A Method for Registration of 3-D Shapes [J]. Proceedings of Spie the International Society for Optical Engineering, 1992, 14(3): 239-256.
- [8] 马红利. 基于物理模型的非刚性医学图像配准算法研究[D]. 包头:内蒙古科技大学,2011.