

远程医疗系统中一种自适应盲算法研究

刘卫平,于舒娟,张 昀

(南京邮电大学 电子科学与工程学院,江苏 南京 210003)

摘要:随着物联网技术以及无线传感网的快速发展,远程医疗(Telemedicine)系统在国内外获得了广泛的研究和应用。Telemedicine 会诊旨在患者和医院之间建立起全新的联系,由于信息是在无线系统中进行传输的,从而存在码间干扰。为了提高通信质量,文中着眼于 Telemedicine 物理层的技术研究,概括介绍了一种基于 RLS 的分布式盲均衡算法,并在此基础上基于提高算法运行速度,提出了一种新的自适应算法,旨在不失其性能指标的前提下,使其运算复杂度大大降低,有效地克服了传统自适应算法的收敛速度慢的缺点。

关键词:远程医疗;自适应;盲均衡

中图分类号:TP301.6

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2013)05-0047-03

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.05.012

Research on an Adaptive Blind Algorithm in Telemedicine System

LIU Wei-ping, YU Shu-juan, ZHANG Yun

(College of Electronic Science and Engineering, Nanjing University of Posts and Telecommunications,
Nanjing 210003, China)

Abstract: With the rapid development of the Internet of Things technology and wireless sensor networks, Telemedicine system has a wide range of research and application all over the world. Telemedicine consultation between patients and hospital aims to establish new links in place. Since the information is transmitted in a wireless system, so there exist inter-symbol interference. To improve the communication quality, looking at the technical study of the Telemedicine physical layer, provide an overview of a distributed blind equalization algorithm which based on RLS, and also propose a new adaptive algorithm without losing its performance under the premise to reduce its run-time. As a result, the operation complexity is greatly reduced, and effectively overcome the convergence speed of the shortcomings

Key words: Telemedicine; adaptive; blind equalization

0 引言

目前,物联网技术日新月异,继美国提出“智慧地球”之后中国提出了“感知中国”,物联网正以飞快的速度融入到人们的生活中^[1]。作为其中一个重要的分支,Telemedicine 技术也得到了飞速发展^[2]。Telemedicine 系统的信号传输过程中,由于频带受限的传输和接收滤波器之间的相对运动,延迟和多径传输以及多址干扰和耦合效应等的影响,从而导致符号间干扰(ISI)和信道间干扰(ICI)^[3]。如果信道还没有得到适当的补偿,所接收到的信号可能会产生一个高比特错误率,产生的失真的信息传输,势必影响治疗效果^[4]。这就使得 Telemedicine 中信息的传输与恢复显得尤为

重要。

文中就结合盲信道估计与均衡技术提出了一种新的自适应算法,并与分布式自适应算法进行比较,仿真结果表明,算法不仅性能良好,并且在很大程度上提高了其收敛速度。

1 Telemedicine 系统介绍及盲算法研究

1.1 信道估计

在基于 TDMA 多址接入高密度的 patient-to-hospital(简称 P2H)网络中,patient 代表一个区域中的某位患者,hospital 代表网络节点中的某一个医院。其中,一个区域中的某个 patient 的身体健康状况数据包需要通过一个多跳网络才能发送到某个指定的远程信息处理中心,例如,在此期间,在指定的区域中 J 个传感器对于 patient 进行感知,然后将感知到的数据包传送到 hospital 中,在这个过程中,需要 J 个时间间隔,该传感器的 patient 身上是单根天线收发数据包,如图 1 所示。

收稿日期:2012-07-19;修回日期:2012-10-23

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60772060)

作者简介:刘卫平(1984-),男,江西彭泽人,硕士研究生,研究方向为无线传感网中的盲算法研究;于舒娟,副教授,硕士研究生导师,研究方向为现代通信中的信号处理和智能信息处理技术。

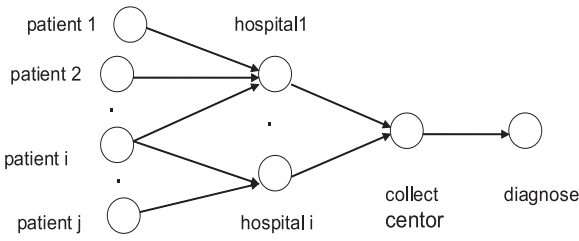


图 1 P2H 系统模型

图 2 所示为 P2H 系统中单个传感器的传感框图, 该图展示了 P2H 网络中某个区域中第 i 个 patient 传输和接收信息的通信系统。图中, patient 身上的传感器检测到外界输入的模拟信号 $b(t)$, 对其进行 PCM 编码, 经过抽样、量化、编码后变成了数字信号 $b_i(n)$ [5], 在将其送到信道之前, 对 $b_i(n)$ 加入扰动。加扰后数据变为 $s_i(n)$ 。然后经信道发送至接收端, 最后对接收到的信号进行均衡, 得到 $y_i(n)$ 。

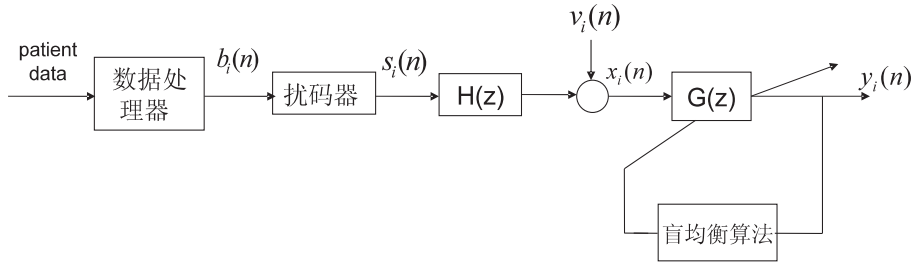


图 2 单个 patient 身上 sensor 传感框图

对于 patient i 存在一个 I_i , 使得 $1 \leq i \leq J$ 。假设存在一个 P (P 为正整数), 且 P 满足: $M \leq P \leq L$, 其中, M 为信道阶数, L 为平滑因子。

考虑接收来自 patient i 的 BPSK 信号, 该信号经过 SIMO 系统, 输出端基带接收信号可以表示为:

$$x_i(k) = \sum_{j=0}^M h_i(j) s_i(k-j) + v_i(k) \quad k = 1, 2, 3 \dots \quad (1)$$

在有 J 个 patient 的一个簇中, 不失一般性, 假设毗邻的 patient i 和 patient j 传输的数据 $\{b_i(n)\}$ 和 $\{b_j(n)\}$ 具有高互相关性、遍历性、宽平稳性的特点 [6]。由此可以定义毗邻的 patient i 和 patient j 之间互相关为:

$$R_{ij} \stackrel{\Delta}{=} \lim_{M \rightarrow \infty} \frac{1}{M} \sum_{l=1}^M X_i(n_{il} + p) X_j^T(n_{jl} + p) \omega_{ij}(l) \quad (2)$$

其中 $\omega_{ij} = c_i(n_{il}) c_j^*(n_{jl})$

这里, 先假设: 所有的 patient 都具有相同的信道阶数 M , 并且都要进行归一化, 即: $\sum_{k=0}^M |h_i(k)|^2 = 1$ 。 $\{v_i(k)\}$ 和 $\{v_j(k)\}$ 是均值为 0 的平稳白噪声过程, 方差分别是 σ_i^2 和 σ_j^2 , 相应地, 当 $i \neq j$ 时, 它们之间相互独立, 序列 $\{s_i(n)\}$ 服从独立同分布 [7]。

根据接收到的所有 patient 的信号辨识第 i 位 pa-

tient 的信道, 可以得到 $(L+1) * [(J-1)(L+1)]$ 维的矩阵:

$$R_i = [R_{i1}, \dots, R_{i,i-1}, R_{i,i+1}, \dots, R_{iJ}] \quad (3)$$

通过矩阵论可知, 要对向量 $h_i(p)$ 进行估计, 只要求出 R_i 的最大奇异值所对应的归一化左奇异值 [8], 于是, 可以求出信道矩阵 $h_i(p)$ 的估计值 \hat{R}_i 。

$$\hat{R}_i = \hat{R}_i(\hat{h}_i) =$$

$$\begin{pmatrix} \hat{h}_i(0) & \hat{h}_i(1) & \dots & \hat{h}_i(M) & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \hat{h}_i(0) & \hat{h}_i(1) & \dots & \hat{h}_i(M) & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & & & & \ddots & \\ 0 & \dots & 0 & \hat{h}_i(0) & \hat{h}_i(1) & \dots & \hat{h}_i(M) \end{pmatrix}_{q(L+1) \times (L+M+1)}$$

1.2 信号恢复

基于以上步骤, 可以假设代价函数为:

$$J(g, i) = \sum_{k=1}^N \sum_{l=0}^i \lambda^{i-l} |e_k - l x_k(l) * g|^2 \quad (4)$$

式中, λ 为遗忘因子, $0 < \lambda \leq 1$ 。 e_k 为维数为 $1 * q(L+1)$ 的单位阵。 g 为均衡器系数。通过计算 J

的偏导数并使之为零,

$$\sum_{k,l} \lambda^{i-l} x_k^H(l) x_k(l) g = \sum_{k,l} \lambda^{i-l} \frac{y_k(i)}{|y_k(i)|} x_k^H e_k \quad (5)$$

于是得到:

$$g(i) = R^{-1}(i) r(i) \quad (6)$$

其中, $R(i) = \sum_{l=0}^i \lambda^{i-l} X^H(l) X(l)$,

$$r(i) = \sum_{l=0}^i \lambda^{i-l} X_\alpha^H(l) e(l), \alpha_k(i) = \frac{y_k(i)}{|y_k(i)|}$$

$$X_\alpha^H(i) = [\alpha_1(i) x_1^H(i), \alpha_2(i) x_{2(i)}^H, \dots, \alpha_{N(i)} x_N^H(i)]$$

于是, 式(6)的最优权值可以通过下面的递归更新:

$$g(i) = g(i-1) + R^{-1}(i) [X_\alpha^H(i) e - X^H(i) X(i) g(i-1)] \quad (7)$$

根据第 k 个传感器的本地数据, 式(6) 又可以写成

$$w(i) = w(i-1) + R^{-1}(i) \sum_{k=1}^N x_k^H(i) e_k(i) \quad (8)$$

其中, $e_k(i)$ 为节点 k 的模误差, 可以表示为:

$$e_k(i) = \alpha_k(i) e_k - x_k(i) g(i-1) \quad (9)$$

以上式(3)、(5)、(7)、(8)、(9) 组成了基于 RLS 的分布式自适应算法 [9], 但由于该算法涉及到矩阵求逆问题, 其算法复杂度为 $O((q(L+1))^2)$ 。基于降低该算法的复杂度, 文中提出了一个新的自适应算法, 即是通过最速下降法迭代出 g_i , 即最优均衡器系

数^[10],从而可以避免 R_x 求逆运算,具体算法如下:

同上,可以假设代价函数不变,为:

$$J(g,i)=\sum_{k=1}^N\sum_{l=0}^i\lambda^{i-l}|e_k-lx_k(l)*g|^2\tag{10}$$

式中, λ 为遗忘因子, $0<\lambda\leq 1$ 。 e_k 为维数为 $1*q(L+1)$ 的单位阵。 g 为均衡器系数。通过计算代价函数 J 对均衡器系数 g 的偏导数,

$$\begin{aligned}\nabla_{g_i}J(g_i)&=\frac{\partial J(g_i)}{\partial g_i}\\&=\lambda(e_k-x_k(i)g_i(k))\end{aligned}\tag{11}$$

于是,可以通过约束最速下降法^[11]通过迭代求取最佳均衡器系数 g ,如下:

$$\begin{aligned}g_i(k+1)&=g_i(k)-\mu\nabla_{g_i}J(g_i)\\&=g_i(k)+\mu[\lambda(e_k-x_k(i)g_i(k))]\end{aligned}\tag{12}$$

其中, $\Gamma g=e$,于是,式(10)、(11)、(12)构成了新的自适应算法^[12],其计算复杂度为 $O(q(L+1))$,明显比传统的RLS算法复杂度 $O((q(L+1))^2)$ 要低。

2 仿真试验

为了证明上述算法的可行性并对两种算法进行性能比较,本节主要在误码率及稳态剩余误差方面对两种算法进行matlab仿真。试验中使用的是BPSK信号,信道采用的是 $h(t)=\sum_{i=1}^2(g_i(h(\alpha,t-\tau_i)))$ 过采样的2径合成实数信道,其中过采样因子为3,时延 τ 以及权值 g 均为随机生成。

实验一:在恒定信噪比SNR为30dB,数据包数目依次为1至9的情况下,进行Monte Carlo试验来验证上述算法的均方误差。

进行100次Monte Carlo实验,Adaptive RLS算法和传统RLS算法的稳态均方误差如图3所示,从图中可以看出,两种算法均不仅能很好地辨识信道,而且自适应RLS算法的可靠性略优于传统的分布式RLS算法。

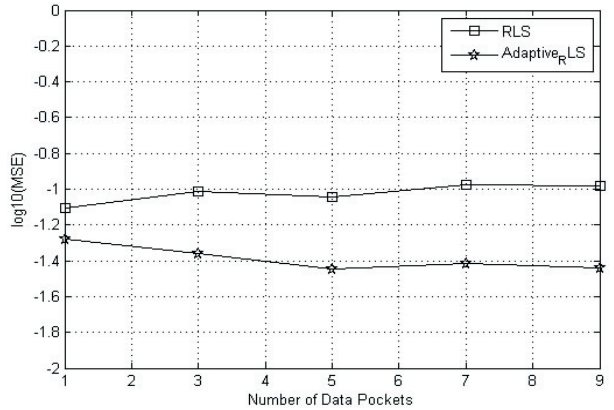


图3 各算法均方误差

实验二:在恒定数据包数目为1,信噪比依次为0

至25的情况下,进行Monte Carlo试验来验证上述算法的误码率。

进行100次Monte Carlo实验,Adaptive RLS算法和传统RLS算法的误码率如图4所示,从图中可以看出,两种算法均不仅能很好地均衡所产生的BPSK信号,而且自适应RLS算法的误码率略低于传统的分布式RLS算法。

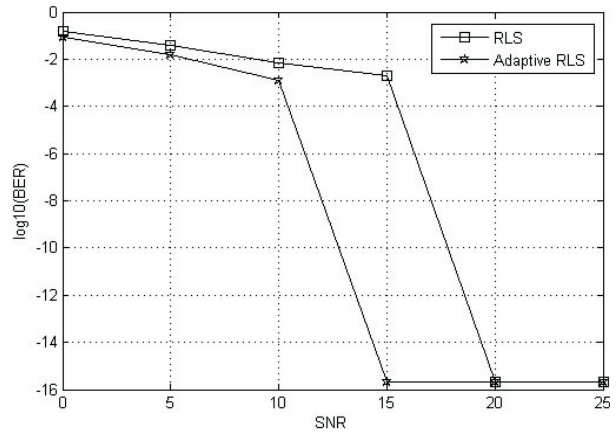


图4 各算法误码率曲线

3 结束语

盲均衡技术作为一门新兴的自适应均衡技术,针对在信号传输过程中产生的时延与多径传输以及多址干扰等的影响,盲均衡技术的运用可以很好地解决信号在传输过程中产生的码间干扰和信道间干扰,这使得它有了广阔的研究前景。而远程医疗技术的发展与通信、信息技术的进步密不可分。特别是在距离比较远、通信条件比较恶劣的情况下,采用盲均衡技术有了非常现实的意义。然而,医疗事件对于时间的要求比较严格,在这种情况下,盲均衡算法的复杂度就显得尤为重要,文中即是在介绍盲均衡算法在远程医疗系统中的应用的基础上,通过提高算法复杂度来提高系统的可靠性及时效性。同时要认识到,目前,我国的远程医疗系统才刚刚起步,如何有效地提高远程医疗系统中的信息传输的速度及准确度,成为了制约远程医疗系统的条件,这也成了下一步的研究方向。

参考文献:

[1] Gershenfeld N, Krikorian R. The Internet of Things[J]. Scientific American, 2004(4): 76-81.

[2] 胡秉谊,白净,叶大田. 远程医疗系统的客户/服务器结构模型[J]. 清华大学学报(自然科学版), 1999, 39(1): 19-21.

[3] 储昭勋,胡艳军. 无线传感器网络技术[J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(4): 64-66.

[4] 张朋,陈明,陈亚萍,等. 无线传感器网络操作系统关

对欠佳。

表1 lena 图像不同方法均方误差和峰值信噪比的比较

去噪方法	$\sigma=20$		$\sigma=30$	
	MSE	PSNR	MSE	PSNR
含噪图像	399.5279	22.1153	898.1323	18.5974
硬阈值法	83.3280	28.9229	121.6939	27.2781
软阈值法	109.9915	27.7172	144.1085	26.5439
折中法	82.0902	28.9879	119.6595	27.3513
文献[11]算法	101.7924	28.0536	135.6639	27.0028
文中算法	72.5947	30.0218	108.4208	27.9795

表2 leaf 图像不同方法均方误差和峰值信噪比的比较

去噪方法	$\sigma=20$		$\sigma=30$	
	MSE	PSNR	MSE	PSNR
含噪图像	398.1167	22.1307	900.4780	18.5861
硬阈值法	112.9053	27.6037	171.3441	25.7921
软阈值法	175.9328	25.6773	247.4213	24.1964
折中法	111.7767	27.6473	168.7562	25.8582
文献[11]算法	159.9101	26.0920	231.4135	24.4869
文中算法	97.8668	28.2244	149.9926	26.3701

5 结束语

通过之前的分析,依据小波软、硬阈值设计的基本思路和步骤,提出了一种改进的阈值函数表达式。在理论上分析了改进函数相对于软、硬阈值方法的好处并给出仿真结果。从上面的实验结果中可以看出,改进的阈值函数兼顾了软、硬阈值的优缺点,获得了更好

的视觉效果以及较高的峰值信噪比,验证了文中算法具有较高的实用价值。改进方法往往要根据具体处理的图像来设定合理的控制系数,使去噪的同时保持振荡现象与过分平滑的平衡。

参考文献:

[1] 章毓晋. 图像工程(中册)图像分析[M]. 北京:清华大学出版社,2005.

[2] 孙延奎. 小波分析及其应用[M]. 北京:机械工业出版社,2005.

[3] Donoho D L. De-noising by soft thresholding[J]. IEEE Trans. on Inform Theory, 1995, 41(3):613-617.

[4] Donoho D L, Johnstone I M. Ideal Spatial Adaptation Via Wavelet Hrinkage[J]. Biometrika, 1994, 41(3):425-455.

[5] 李 骛,李一兵,孟 霆,等. 基于小波阈值去噪的收缩函数改进方法[J]. 计算机工程与设计, 2011, 32(10):3450-3452.

[6] 叶重元,黄永东. 小波阈值去噪算法的新改进[J]. 计算机工程与应用, 2011, 47(12):141-145.

[7] 金显华,赵元庆. 改进的阈值图像去噪算法仿真研究[J]. 计算机仿真, 2012, 29(1):191-194.

[8] 蔡 政,陶少华. 基于小波系数关系的图像去噪方法[J]. 计算机应用, 2011, 31(9):2515-2517.

[9] Saedi J, Moradi M H, Faez K. A new wavelet-based fuzzy single and multi-channel image denoising[J]. Image and Vision Computing, 2010, 28(12):1611-1623.

[10] Raj V N P, Venkateswarlu T. Denoising of medical images using dual tree complex wavelet transform[J]. Procedia Technology, 2012(4):238-244.

[11] 寇俊克,魏连鑫. 一种改进的小波阈值图像去噪方法[J]. 现代电子技术, 2012, 35(4):102-104.

(上接第49页)

键技术研究[J]. 计算机应用研究, 2007(10):23-25.

[5] 张立毅,张 雄,王华奎,等. 盲均衡技术及其发展[J]. 太原理工大学学报, 2002, 33(6):619-623.

[6] Tugnait J K, Huang B. On A Whitening Approach to Partial Channel Estimation and Blind Equalization of FIR/IIR Multiple-input Multiple-output Channels[J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 2000, 48(3):832-845.

[7] Li X. Blind Channel Estimation and Equalization in Wireless Sensor Networks Based on Correlations Among Sensors[J]. IEEE Transation on Signal Processing, 2005, 53(4):1511-1519.

[8] 谢逢博. 车载自组织网络中的盲信道估计与均衡[D]. 南京:南京邮电大学, 2011.

[9] Abdolee R, Champagne B. Distributed Blind Adaptive Algo-

rithms Based on Constant Modulus for Wireless Sensor Networks[C]//6th International Conference on Valencia. [s. l.]:[s. n.], 2010:303-307.

[10] Cattivelli F, Lopes C, Sayed A. Diffusion recursive least-squares for distributed estimation over adaptive networks[J]. IEEE Trans. on Signal Process. , 2008, 56(5):1865-1877.

[11] Schizas I, Mateos G, Giannakis G. Distributed LMS for consensus-based in-network adaptive processing[J]. IEEE Trans. on Signal Process. , 2009, 57(6):2365-2382.

[12] Giannakis G B, Hua Y B, Stoica P, et al. Signal Processing Advances in Wireless and Mobile Communications, Volume 1:Trends in Channel Estimation and Equalization[M]. 北京:人民邮电出版社, 2002:197-206.

远程医疗系统中一种自适应盲算法研究

作者: [刘卫平](#), [于舒娟](#), [张昀](#)
作者单位: [南京邮电大学 电子科学与工程学院, 江苏 南京 210003](#)
刊名: [计算机技术与发展](#)
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)
年, 卷(期): 2013(5)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201305014.aspx