

· 研究简报 ·

自适应抵消方法在胃电信号处理中的应用

赖德锦 林维斯

(无线电电子学系)

从体表获取胃电信号, 具有无创伤、无痛苦和不影响受测对象的正常生理状态等的一系列优点, 故极有可能成为消化道生理研究、医疗诊断和药理实验的有效手段之一, 因而引起了人们的重视^[1-3]。

由于体表测量位置离开胃体有一段距离, 体表信号不可避免地会有衰减和畸变, 而且它是胃体不同点电位贡献叠加的结果。更为不利的是, 体表测量将受到诸如心电、呼吸等干扰因素的影响, 信噪比低。

在设法抑制了心电干扰之后, 呼吸便成了主要干扰源。不同人, 或者同一个人不同时刻、不同身体状况和外部条件下, 呼吸的频率以及呼吸在体表胃电中的反映可能是很不相同的。有时胃电信号为呼吸所混淆甚至掩盖, 有时又似乎与呼吸关系不大。因此, 如何对信号作出正确的判断, 消除呼吸的干扰, 并把与呼吸无关的成份无失真地保存下来, 是很重要的。而采用自适应噪声抵消器(adaptive noise canceller)^[4], 则是一种很适合上述要求的方法。

1. 信号的获取 人体体表胃电信号的提取和存贮工作, 通过我们研制的检测系统

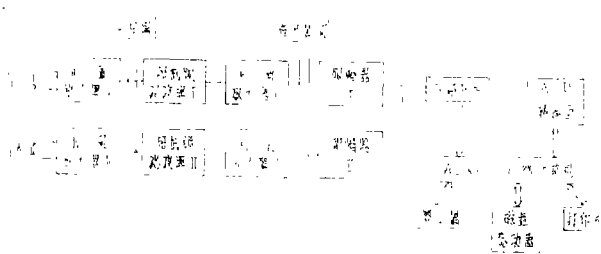
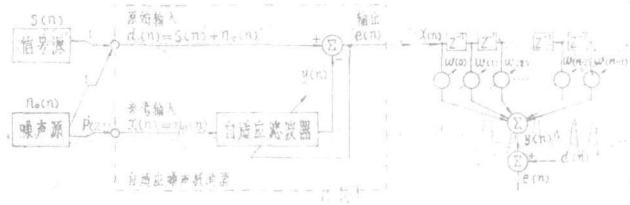


图 1

来完成, 系统方框图见图 1。系统的通带范围为 $0.03 \sim 0.50\text{Hz}$ 。通过呼吸带, 把呼吸的机械运动转化为电波形, 同时取入计算机。

本文于1985年9月收到

2. 自适应噪声抵消器的原理 图2中, (a)是自适应噪声抵消器原理示意图; (b)是M阶自适应滤波器的实现方式, 权值 $\omega(i) (i=0, 1, \dots, M-1)$ 的箭头表示 $\omega(i)$ 是可调的。



(a) 自适应噪声抵消器原理示意图 (b) 自适应滤波器的实现

图2

抵消器的原始输入就是待去干扰的测量信号, 参考输入是为了去干扰而引入的与干扰有某种相关性的附加信号。为简便起见, 设信号 $s(n)$, 噪声 $n_0(n)$, $n_1(n)$ 及滤波器输出 $y(n)$ 都是均值为零的平稳随机过程。信号与噪声互不相关, 而 $n_0(n)$ 与 $n_1(n)$ 是相关的。设自适应滤波器第 n 个时刻的输入向量为

$$X_n \triangleq \begin{pmatrix} x(n) \\ x(n-1) \\ \vdots \\ x(n-M+1) \end{pmatrix}$$

权向量为

$$W^T \triangleq \begin{pmatrix} w(0) \\ w(1) \\ \vdots \\ w(M-1) \end{pmatrix}$$

则滤波器输出为 $y(n) = X^T W = W^T X$ 。利用 Widrow-Hoff LMS 算法^[6] 来迭代产生使抵消器的输出 $E[e^2(n)]$ 极小的权值向量: $W_{n+1} = W_n + 2\mu \cdot e(n) X_n$ 。其中 μ 是控制收敛及精度的一个参数。算法收敛的充要条件是: $0 < \mu < 1/\lambda_{\max}$ 。其中 λ_{\max} 是输入自相关矩阵 $R \triangleq E[X_n X_n^T]$ 的最大特征值。

3. 呼吸干扰的自适应消除

把体表胃电测量信号和呼吸波形分别作为原始输入 $d(n)$ 和参考输入 $x(n)$, 并选择 $\mu = \frac{k}{\sum_{n=0}^{N-1} x^2(n)/N}$ 。其中 N 是数据长度, k 是常数, 一般取

0.001~0.004

图3(a)是从体表测量到的原始波形, 由于干扰较严重, 胃电信号成分不易辨认; 自适应抵消结果如图3(b)所示。可见, 呼吸干扰被去掉得相当干净。图3(c)是对应的呼吸波形。

图4是电极对间的距离过近, 两点间的胃电电位差很小时的一例记录, 原始信号基本上都是呼吸波形。在这种情况下, 原始信号基本上被抵消掉。

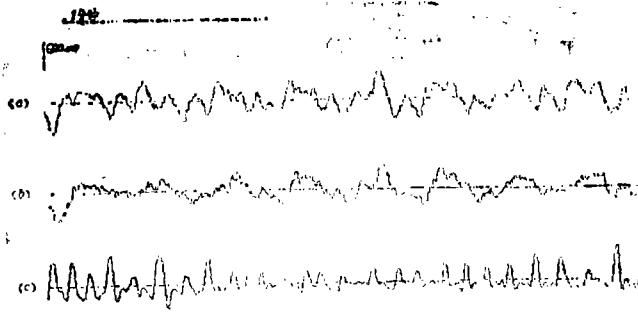


图 3

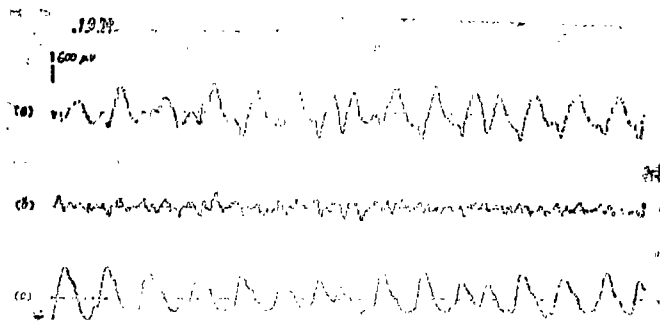


图 4

图 5 (a)为另一例的体表胃电波形，受呼吸的干扰较少，自适应抵消后波形基本上不变，如图 5 (b)所示。

实验结果表明， M 取30~60，可以兼顾自适应抵消效果和计算速度的要求。

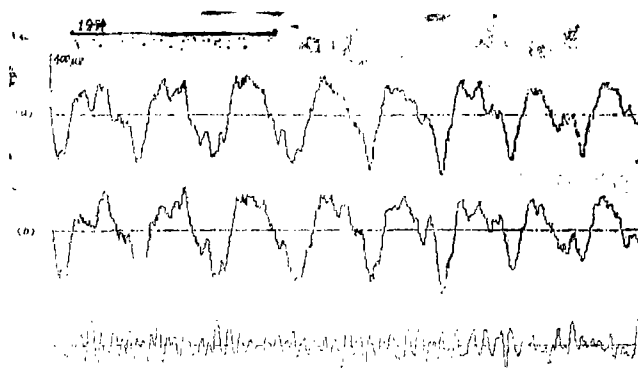


图 5

采用自回归(AR)谱分析法，估计出图 3 所示例子的自适应抵消前后的功率谱，如图 6 (a)。抵消前谱的第二个峰(约8次/分钟)与呼吸波谱[图 6 (b)]主峰频率位置相同，可以判定为呼吸波的影响。抵消后该峰受到了很大的抑制。

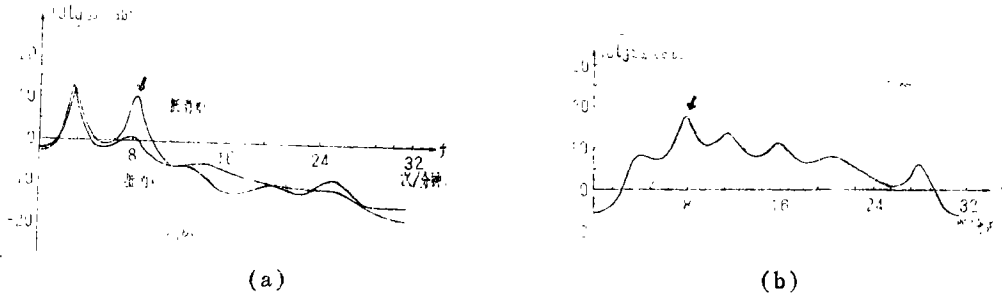


图 6

4. 结语 从以上的分析和实验结果表明, 本文提出采用的自适应噪声抵消器是鉴别并消除体表胃电信号中呼吸干扰的有效手段, 并且自适应抵消器对有用信号不产生任何附加的畸变, 时延及衰减。

作者谨对中山大学生物系电生理实验室黄溢明副教授和马际春同志在实验过程中所给予的帮助表示衷心感谢。

参 考 文 献

- [1] 张经济, 生理科学进展, 10(1979), 4, 312—317.
- [2] 王建华等, 中医杂志, 1983, 6, 64—66.
- [3] B.H. Brown et al., *Med. Biol. Eng.*, 13(1975), 97—103.
- [4] B. Widrow et al., *Proc. IEEE*, 63(1975), 1692-1716.
- [5] B. Widrow et al., *Proc. IEEE*, 64(1976), 1151-1162.

The Application of Adaptive Cancelling Method in Electrogastrographic Signal Processing

Lai Dejin Lin Weisi

Abstract

The gastric electrical signals obtained from the human abdominal surface are disturbed by respiration in different degrees. The result of our experiments shows that this disturbance can be distinguished and eliminated successfully by adaptive noise canceller and no additional distortion is introduced to gastric electrical signals.