

用运动自适应内插法提高电视图象的垂直清晰度¹

李晓辉 程玉林

(安徽大学电子工程与信息科学系 合肥 230039)

摘要 本文提出了一种运动自适应内插方法, 将当前广播电视系统的隔行扫描方式转变成逐行扫描方式, 从而大大提高了图象的垂直清晰度。

关键词 电视, 垂直清晰度, 运动自适应图象内插

中图分类号 TN911.73, TN941

1 引言

现行广播电视系统采用隔行扫描方式, 每帧图象分两场传送。由于隔行扫描会引起行蠕动、水平边界闪烁等隔行效应, 将造成图象的垂直清晰度大大降低, 大约为 300 线左右。对于大屏幕电视图象来说, 这样的垂直清晰度是不够的。为了提高图象的垂直清晰度, 可通过扫描行的内插技术, 将隔行扫描方式转变为逐行扫描方式, 可以使图象的垂直清晰度提高到 400 线以上, 以实现高清晰度的电视图象。

2 电视图象信号分析

2.1 逐行扫描电视图象信号的一维谱 电视图象信号可以认为是在垂直空间方向和时间方向, 对景物不断取样的离散序列信号, 因此可用离散序列信号分析方法进行电视信号的频谱分析^[1]。

设二维电视图象信号为 $b(x, y)$, 其二维傅里叶谱为 $B(f_x, f_y)$, 经逐行扫描后的电视图象取样信号为 $b_{ys}(x, y)$, 则该取样信号的二维傅里叶谱 $B_{ys}(f_x, f_y)$ 为

$$B_{ys}(f_x, f_y) = (1/d) \sum_{k=-\infty}^{\infty} B(f_x, f_y - k/d), \quad (1)$$

式中 d 为取样间隔。

2.2 隔行扫描电视图象信号的一维谱 在隔行扫描方式中, 将一帧图象分两场传送。设 $b_1(x, y)$ 、 $b_2(x, y)$ 分别为两场图象的亮度信号, 相应的傅里叶谱分别为 $B_1(f_x, f_y)$ 和 $B_2(f_x, f_y)$, 则一帧图象的信号谱 $B_{ys}(f_x, f_y)$ 为

$$B_{ys}(f_x, f_y) = \sum_{u=-\infty}^{\infty} B_1[f_x, f_y - u/(2d)] + \sum_{v=-\infty}^{\infty} (-1)^v B_2[f_x, f_y - v/(2d)], \quad (2)$$

式中 u, v 均为整数。

对于静止或缓慢运动的图象, 设

$$B_1 = B_2 = B(f_x, f_y) = B(f_x, f_y). \quad (3)$$

¹ 1994-07-19 收到, 1995-09-05 定稿

当 v 为奇数时, 则有

$$B_{y_s}(f_x, f_y) = 1/d \sum_{u=-\infty}^{\infty} B(f_x, f_y - u/d). \quad (4)$$

这说明对于静止或缓慢变化的图象, 隔行扫描与逐行扫描效果相同。

但对于活动图象, 由于 $B_1(f_x, f_y) = B_2(f_x, f_y)$, 则当 v 为奇数时, (2) 式中的两个分量谱不能完全抵消, 从而发生谱的混叠, 结果使图象的垂直清晰度下降。

2.3 逐行扫描电视图象信号的二维谱 设对二维图象信号 $b(x, y)$ 正交取样后的二维图象信号为 $b_s(y, t)$, 与其对应的傅里叶谱为

$$B_s(f_y, f_t) = 1/(ad) \sum_{l=-\infty}^{\infty} \sum_{m=-\infty}^{\infty} B(f_y - l/a, f_t - m/d). \quad (5)$$

3 逐行扫描和图象内插

对于当前我国采用的 PAL 制电视系统, 电视信号中只有 312.5 行信息, 为了实现每场 625 行的逐行扫描, 就必须设法获得另外 312.5 行图象信息, 为此可采用扫描行的内插来实现。

扫描行内插方式有两种: 其一是前场内插方式, 它是利用存储在场存储器中前一场的 312.5 行信息作为插入行, 插到当前场的 312.5 行中以形成在一场时间内实现行数为 625 行的一幅图象。这种内插方式用于静止图象, 可实现完善的内插, 但对于运动图象, 当图象发生水平方向运动时, 轮廓部分会产生梳齿形的图象质量下降; 当图象发生垂直方向运动时, 轮廓部分会出现缺乏运动平滑性的图象质量下降。因此这种内插方式只适用于静止图象。

另一种内插方式是采用场内内插, 它是利用一场内图象的上、下扫描行合并作为当前行的信息以实现内插。这种内插方式将会降低垂直清晰度, 同时在图象的静止部分会出现闪烁现象。

因此, 采用运动自适应扫描行内插方式, 是通过检测图象是否运动来自适应选择上述两种内插方式中最适合的一种, 即对图象静止部分采用前场内插方式, 对图象运动部分采用场内内插方式, 以获得高质量的图象^[2]。

4 运动检测器的实现

运动检测可利用相邻帧图象信号之差来检测图象的运动信息。

图 1(a) 为检测电路, 图中 T_B ($T_B = 1/25$ Hz) 为帧周期, 它是一个简单帧滤波器, 由数字滤波器的频率特性表达式

$$H[\exp(j\omega)] = \sum_{n=0}^N h(n) \exp(-j\omega n), \quad (6)$$

得传递函数的幅频特性为

$$|H(f)| = |\sin(\pi f/f_B)|, \quad (7)$$

式中 f_B 为帧频, 它与 PAL 制彩色电视信号谱的对应关系如图 1(b) 所示^[3]。

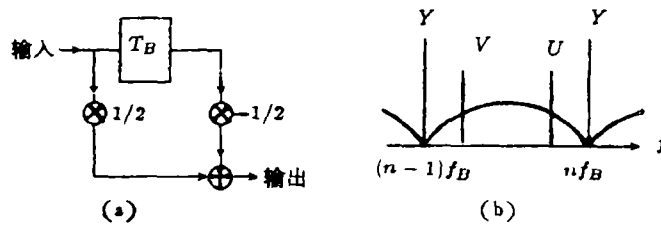


图 1 用于运动检测的滤波电路

将电视信号输入该电路后,亮度信号中的整数倍帧频分量的输出为零,其它频率成分的幅度按正弦状带通规律输出。所以,当图象处于静止状态时,亮度信号谱均处于整数倍帧频处,而滤波后的输出为零,即帧间差信号为零。但对于运动区域的图象,图象信号各频谱成分将在整数倍帧频之间出现附加谱线,这些频谱成分将被输出,滤波器的输出信号就越大,因而实现了运动检测的目的。

对于复合 PAL 制电视信号,亮度信号中可能包含有彩色信息,这时帧间差信号将不仅仅是由于图象运动引起的亮度变化量 ΔY ,而且含有色度变化量 ΔC ,如图 2 所示。所以输出的帧间差信号须通过低通滤波器来消除来自色度信号的误检输出,从而得到单一的亮度信号差 ΔY 。

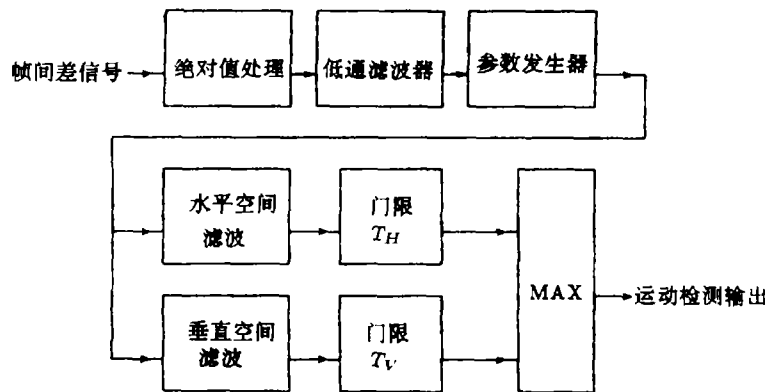


图 2 运动检测器框图

将 ΔY 信号通过一个非线性参数发生器,使之变成 2-bit 的控制信号,运动状态定义为 4 级,分别用控制信号 $d_1 d_0$ 表示。 $d_1 d_0 = 00$ 、 01 、 10 、 11 ,分别表示:静止、稍有运动、中等运动和大量运动状态。

由于存在噪波,即使图象处于静止状态,帧间差信号的输出也不再为零,即把噪波误判为运动信息。为避免这种误检,须设置门限电平 T ,以其做为运动检测的阈值。图象信息在空间的水平方向和垂直方向均具有一定的相关性,在根据帧间差做为运动判断根据的运动检测结果中,也保留了原有图象信息的空间相关性。因此在水平和垂直方向对帧间差信号进行平均,可进一步减小噪波对运动检测的影响,这种平均可通过对帧间差信号进行空间的水平和垂直滤波实现^[4]。

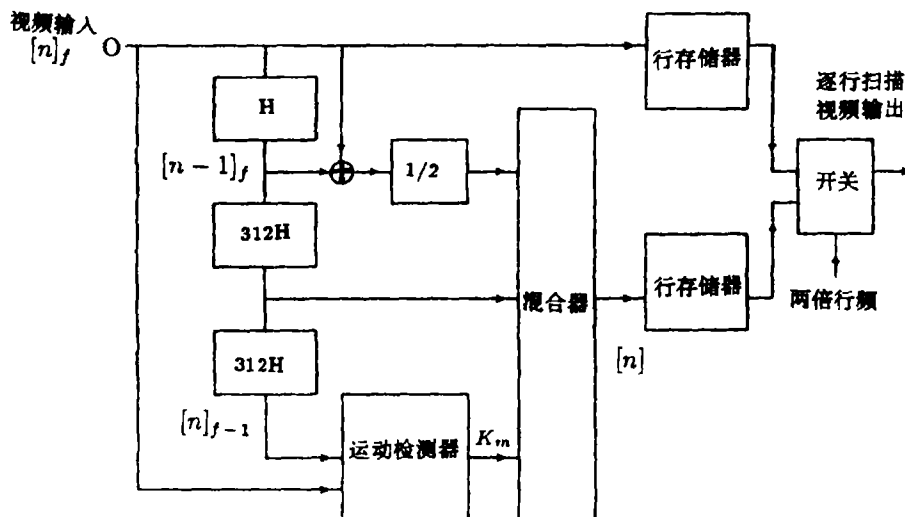


图3 逐行扫描变换电路框图

5 逐行扫描的实现

逐行扫描变换框图如图3所示，静止图象的内插信息取自于前一场，大量运动图象的内插信息是由场内上一行和下一行图象信息的平均值得到，而稍有运动和中等运动图象的内插信息则是由前场内插和场内内插适当的加权值决定。这种处理系统对于图象的静止和运动区域将产生较好的过渡。

当前行信号 $[n]_f$ 和经过 625 行延时的上一帧对应行信号 $[n]_{f-1}$ 输入到运动检测器中，运动检测器根据输入的帧间差信息判断图象的运动状态，输出一个 4 级检测控制信息 K_m ，控制混合器的工作。内插控制信号与加权系数之间的关系如表 1 所示。

表 1 内插控制信号与加权系数的关系

控制信号	前场内插加权系数	场内内插加权系数
$d_1 d_0$	K_m	$(1 - K_m)$
0 0	1	0
0 1	2/3	1/3
1 0	1/3	2/3
1 1	0	1

混合器在检测控制信息 K_m 的控制下，输出插入行信息 $[n]$ ，

$$[n] = K_m \{ [n]_f + [n-1]_f \} / 2 + (1 - K_m) [n]_{f-1}. \quad (8)$$

(1) 对于静止图象， $K_m = 0$ ，则 $[n] = [n]_{f-1}$ 。插入行由前一场对应行得到。

(2) 对于稍有运动的图象， $K_m = 1/3$ ，则 $[n] = 1/3 \times \{ [n]_f + [n-1]_f \} / 2 + 2/3 \times [n]_{f-1}$ 。插入行由前一场对应行以及场内相邻行得到。

(3) 对于中等运动的图象， $K_m = 2/3$ ，则 $[n] = 2/3 \times \{ [n]_f + [n-1]_f \} / 2 + 1/3 \times [n]_{f-1}$ 。插入行也是由前一场对应行以及场内相邻行得到，只是加权系数不同。

(4) 对于大量运动的图象， $K_m = 1$ ，则 $[n] = \{ [n]_f + [n-1]_f \} / 2$ 。插入行是由场内相邻行信息平均得到。

混合器输出的插入行信息存储在行存储器中, 而当前行信息 $[n]_f$ 存储在另一个行存储器中。开关电路在两倍行频脉冲的控制下, 输出一个每场 625 行的逐行扫描图象信号。

6 结束语

本文采用运动自适应扫描行内插方式, 将当前隔行扫描电视信号转变为逐行扫描的图象信号, 从而将显示电视图象的垂直清晰度提高到 400 线以上, 可用于大画面、高质量的电视图象显示。

参 考 文 献

- [1] 李桂苓, 等. 电视新技术. 北京: 电子工业出版社, 1991, 315-319.
- [2] Teichner D. IEEE Trans. on CE, 1985, CE-31(3): 226-239.
- [3] 邹理和. 数字信号处理. 北京: 国防工业出版社, 1985, 78-89.
- [4] Tsuruta M, Neubert N. SMPTE, 1992, 101(6): 399-404.

APPLYING MOVING ADAPTIVE INTERPOLATION TECHNIQUES TO IMPROVE THE VERTICAL RESOLUTION OF PICTURES IN TV

Li Xiaohui Cheng Yulin

(Dept. of Electronic Engineering and Information Science, Anhui University, Hefei 230039)

Abstract A method of moving adaptive picture interpolation is presented. The interlaced scanning that structures the pictures of today's television systems is changed to progressive scanning, thus vertical resolution of pictures is improved greatly.

Key words Television, Vertical resolution, Moving adaptive interpolation technique

李晓辉: 男, 1961 年生, 讲师, 现从事信息处理方面的研究和教学工作。

程玉林: 男, 1936 年生, 教授, 现从事信息处理方面的研究和教学工作。