

TRANSACTIONS OF

K.C. WONG EDUCATION FOUNDATION

SUPPORTED LECTURES

王宽诚教育基金会

学术讲座汇编

主 编 钱伟长

• 20 •
2001

上海大学出版社

王宽诚教育基金会

学术讲座汇编

(第 20 集)

主编：钱伟长

上海大学出版社

王宽诚教育基金会《学术讲座汇编》

(第 20 集 2001 年)

钱伟长 主 编

上海大学出版社出版 上海市延长路 149 号

上海上大印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 彩插 1 印张 13 字数 312 千字

2001 年 6 月第 1 版 2001 年 6 月第 1 次印刷

印数 1—1000 册

ISBN 7-81058-375-1 / Z · 006

惠 存

王宽诚教育基金会敬赠

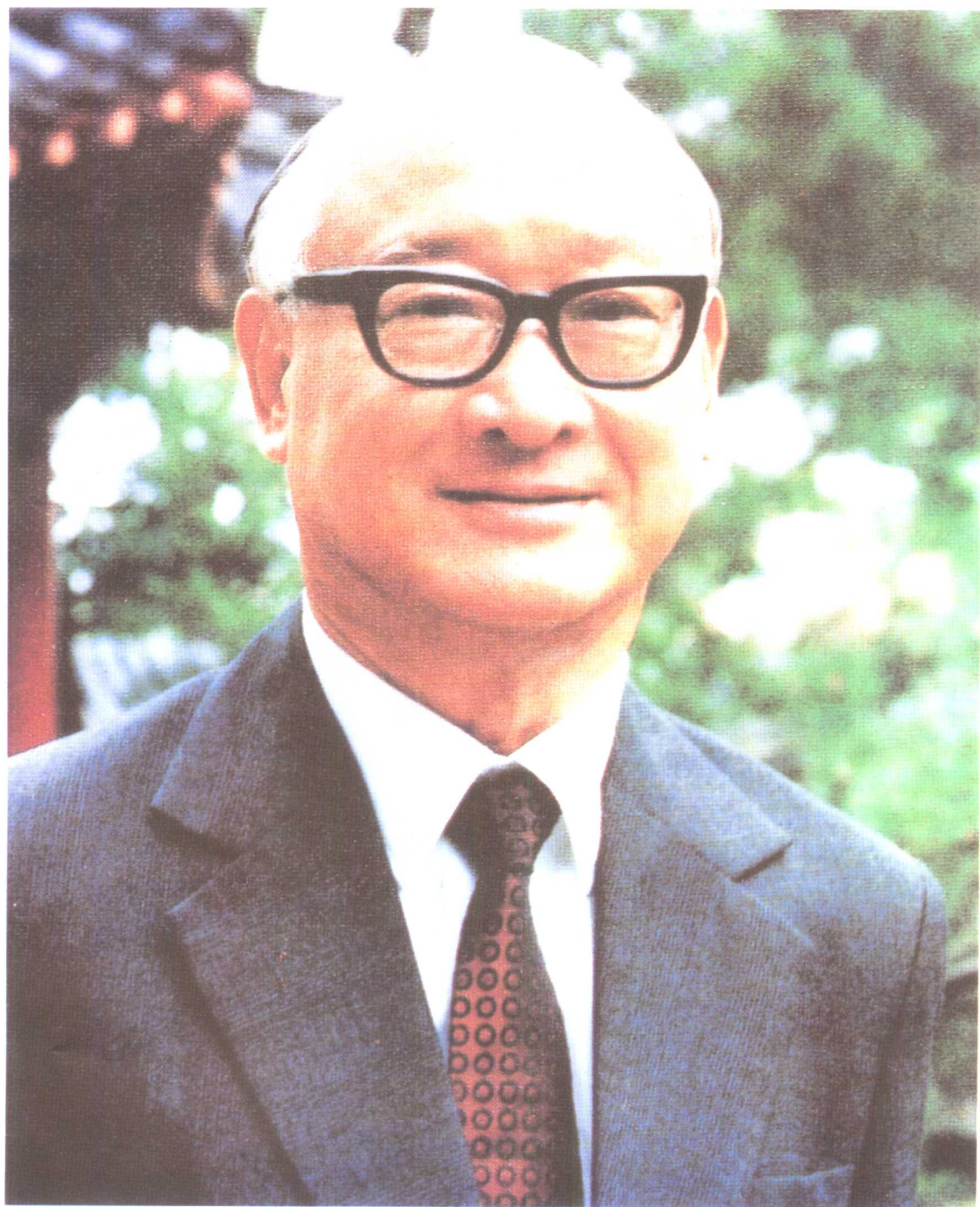
年 月 日

谨以此书纪念本会创建人、故董事会主席王宽诚先生

王宽诚教育基金会

DEDICATED TO THE MEMORY OF MR K.C. WONG,
FOUNDER OF THE FOUNDATION AND THE LATE
CHAIRMAN OF THE BOARD OF DIRECTORS

K.C. WONG EDUCATION FOUNDATION



王寬誠先生

K. C. WONG (1907–1986)

王宽诚教育基金会简介

王宽诚先生（1907-1986）为香港著名爱国人士，热心祖国教育事业，生前为故乡宁波的教育事业做出积极贡献。1985 年独立捐巨资创建王宽诚教育基金会，其宗旨在于为国家培养高级科技人才，为祖国四个现代化效力。

王宽诚先生在世时聘请海内外著名学者担任基金会考选委员会和学务委员会委员，共商大计，确定采用“送出去”和“请进来”的方针，为国家培育各科专门人才，并为提高内地和港澳高等院校的教学水平，资助学术界人士互访，用以促进中外文化交流。在此方针指导下，1985、1986 两年，基金会在国家教委支持下，选派学生 85 名前往英、美、加拿大和德国、瑞士、澳大利亚各国攻读博士学位，并计划资助内地学者赴港澳讲学，资助港澳学者到内地讲学，资助美国学者来国内讲学。正当基金会事业初具规模，蓬勃发展之时，王宽诚先生一病不起，于 1986 年年底逝世。这是基金会的重大损失，共事同仁，无不深切怀念，不胜惋惜。

王宽诚教育基金会在新任董事会主席张二铭先生和胡百全、林延新等董事的主持下，继承王宽诚先生为国家培育人才的遗愿，继续努力，除按计划执行外，并开发与英国、法国及德国等学术机构合作的新项目。王宽诚教育基金会过去和现在的工作态度一贯以王宽诚先生所倡导的“公正”两字为守则，谅今后基金会亦将秉此行事，奉行不辍，借此王宽诚教育基金会《学术讲座汇编》出版之际，特简明介绍如上。王宽诚教育基金会日常工作繁重，王明远、王明勤、林延新等董事均不辞劳累，做出积极贡献。

钱伟长

二〇〇一年六月

前 言

王宽诚教育基金会是由已故全国政协常委、香港著名工商企业家王宽诚先生（1907-1986）出于爱国热忱，出资一亿美元于 1985 年在香港注册登记创立的。

1987 年，基金会开设“学术讲座”项目，此项目由当时的全国政协常委、现任全国政协副主席、著名科学家、中国科学院院士、上海大学校长、王宽诚教育基金会贷款留学生考选委员会主任委员兼学务委员会主任委员钱伟长教授主持，由钱伟长教授亲自起草设立“学术讲座”的规定，资助内地学者前往香港、澳门讲学，资助美国学者和港澳学者前来国内和内地讲学，用以促进中外学术交流，提高内地及港澳高等学校的教学质量。

本汇编收集的文章，均系各地学者在“学术讲座”活动中的讲稿。文章作者中，有年逾八旬的学术界硕彦，亦有由王宽诚教育基金会考选委员会推荐的学者和后起之秀，文章内容有科学技术，有历史文化，有经济专论，有文学，有宗教和中国古籍研究。本汇编涉及的学术领域颇为广泛，而每篇文章都有一定的深度和广度，分期分册以《王宽诚教育基金会学术讲座汇编》的名义出版，并无偿分送港澳和国内外部分高等院校、科研机构和图书馆，以广流传。

王宽诚教育基金会除资助“学术讲座”学者进行学术交流之外，在钱伟长教授主持的项目下，还资助由国内有关高等院校推荐的学者前往欧美亚澳参加国际学术会议，出访的学者均向所出席的会议提交论文，这些论文亦颇有水平，本汇编亦将其收入，以供参考。

王宽诚教育基金会学务委员会

凡 例

(一)编排次序

本书所收集的王宽诚教育基金会学术讲座的讲稿及由王宽诚教育基金会资助学者赴欧美亚澳参加国际学术会议的论文均按照收到文稿日期先后或文稿内容编排刊列，不分类别。

(二)分期分册出版并作简明介绍

因文稿较多，为求便于携带，有利阅读与检索，故分期分册出版，每册约 150 页至 200 页不等。为便于读者查考，每篇学术讲座的讲稿均注明作者姓名、学位、职务、讲学日期、地点、访问院校名称。国内及港澳学者到欧、美、澳及亚洲的国家和地区参加国际学术会议的论文均注明学者姓名、参加会议的名称、时间、地点和推荐的单位。上述两类文章均注明由王宽诚教育基金会资助字样。

(三)文字种类

本书为学术性文章汇编，均以学术讲座学者之讲稿原稿或参加国际学术会议学者向会议提交的论文原稿文字为准，原讲稿或论文是中文的，即以中文刊出，原讲稿或论文是外文的，仍以外文刊出。

目 录 CONTENTS

扫描格式转换和增强型数字视频图像处理方法及其实现	郑南宁 (1)
New Chiral Sultam Auxiliaries for Asymmetric Synthesis	陈永康 (11)
感觉营销: 从为顾客创造“附加值”到创造“无形价值”	周 南 (20)
全科家庭医师的培训评审	陈兆仪 (25)
The Reform of Funding System in Mainland China's Institutions of Higher Learning (Speech at the Learning Conference 2000 held in Melbourne, July 2000)	蒋树声 (29)
Optimized Cast Design Model and Algorithm of Steelmaking-Casting	唐立新 (33)
Study on Amphiphilic Phthalocyanine Zinc as Photosensitizer for Photodynamic Therapy	陈耐生 (42)
Spectral, Thermal, Soluble, and Aggregation Properties of Some Alkoxy, Aryloxy and Halogen Substituted Phthalocyanines	陈耐生 (54)
Stability of Hopfield Neural Networks With Delay And Reaction-Diffusion Terms	廖晓昕 (58)
Stability of Cohen & Grossberg type Ecological and Neural Networks Systems with Diffusion Terms	廖晓昕 (65)
On the Stability of Hopfield's Type Neural Networks	廖晓昕 (72)
Reliability Analysis of Structures Containing Defects with a Probabilistic Failure Assessment Diagram	王威强 (86)
Visualization and Numerical Simulation of Three Dimensional Separated Flow Near a Fuselage Forebody	翁培奋(102)
Oblique Vortex Street from a Circular Cylinder Oscillating in Water	戴光清(111)
Theoretical and Experimental Study on Shape Memory Alloy Torsion Actuator	熊 克(122)
Bearing-Corrected Guidance with Incomplete Target Information for Over the Shoulder	高晓光(128)
Finite Element Modelling of Gear Blank Casting	张敬宇(131)
High Performance SPWM frequency Converter Three-Phase Cage Induction Motor's Synchronous Modulation Variable Frequency Speed Regulation System	张小玫(142)

Verifying Accumulation of Tension in the Upper Membrane of Vascular Endothelium Under Shear Flow	蔡绍哲(148)
Case Study on Agriculture Ecosystem Rehabilitation of Coal Mine area in East China	卞正富(155)
Semi Solid Metal Casting of Aluminum Alloys: The Influence of Shear Rate on Viscosity	杨湘杰(163)
An Investigation to Determination the Influence of Geometric Parameters on Semi-Solid Metal Flow	杨湘杰(170)
Genetic Polymorphism of CYP1A1 and High Risk of Lung Cancer in Chinese	胡毅玲(176)
Reaction Kinetics of amorphous $Mg_{50}Ni_{50}$ Hydride Electrode	刘卫红(186)

扫描格式转换和增强型数字视频 图像处理方法及其实现*

郑南宁¹

(西安交通大学 西安 710049)

摘 要 扫描格式转换是当前数字化电视和新一代的全数字电视中一项十分重要的技术. 本文详细讨论了扫描格式转换的新方法, 提出了面向格式转换的图像滤波和边缘增强的方法, 并应用 FPGA 芯片实现了本文所提出的方法. 实验结果表明本文所提出的方法是十分有效的. 该项研究对发展具有我国自主知识产权的数字视频图像处理专用集成电路具有重要意义.

1. 引 言

长期以来, 扫描格式转换主要用于不同制式节目交换, 但是随着高清晰度电视 (HDTV)、可视电话、因特网和个人计算机视频的出现, 视频播送中出现了不同的扫描方式, 对扫描格式之间的转换要求越来越高. 不仅在专业方面, 而且在消费类设备中, 这种逐渐增长的需求引起了关于“隔行与逐行”的讨论^[1]. 另一方面, 利用液晶、等离子等实现的大尺寸显示器开始得到运用, 这类显示器只允许逐行扫描, 并且 PC 机都采用无闪烁的逐行扫描视频信号. 对从隔行到逐行的转换问题在 TV 产业界和 PC 产业界有不同的观点. PC 界认为: 当今技术已足以在一个高速率情况下产生逐行扫描视频信号, 不需要通过隔行扫描用垂直清晰度来换取时间清晰度. 但 TV 界却坚持这样一个观点: 高速率和高信噪比的逐行扫描视频信号的产生、传输都非易事, 而当今技术已经足以对视频素材进行隔行到逐行的变换, 这会减少甚至消除对引进不兼容的标准和牺牲许许多多消费者投资的要求. 现在, 绝大部分播送图像格式是 525 (480) 或 625 (576) 行隔行扫描, 另外, 电影的显示速率是 24 Hz、25 Hz、30 Hz 和 50Hz 格式. 在数字播送的情况下, 会采用新的 480 或 720 逐行扫描和 1080 行隔行扫描格式. 因此, 对于运用同一发射源进行多种扫描格式播送来说, 图像显示格式转换是一项非常重要的技术. 技术问题和非技术问题之间的平衡往往

* 本文的研究工作得到国家计委“九五”攻关计划经费的资助.

¹ 郑南宁教授, 博士, 西安交通大学副校长, 中国工程院院士, 由王宽诚教育基金会资助, 于 2000 年 8 月赴香港中文大学、香港理工大学等校讲学, 此为其讲稿.

是很困难的,然而,技术的发展和消费市场的巨大需求,正在促使 TV 和 PC 这两个领域技术的相互渗透.

视频信号的隔行到逐行转换技术的进一步发展和在计算机领域的广泛应用,导致了计算机与家电的融合.近年来已经出现采用先进的运动补偿扫描转换技术的电视机.数字电视是数字化信息技术革命的产物,但是,作为新一代的数字电视无论是从接收还是发射都与现存的电视广播制式不同,尤其是发射台的改造需要巨大的投资.因此,即使处在数字化进程前沿的美国也要在达到 80%的消费者拥有数字电视的前提下,停止播送现有制式的节目而转为全数字方式.我国是一个发展中国家,从经济与技术方面考虑,全数字化进程会更长,今后的 10 年左右仍是现有电视制式向数字化过渡的时期,在这一过渡时期内,应用扫描格式转换技术发展符合我国国情的数字化电视接收机,将成为我国电子信息产业新的经济增长点.为使信号的传输频带降低,现行的模拟广播电视系统采用的是隔行扫描方式.隔行显示也使得实现技术变得容易.然而,随着电视机显示屏幕的增大,亮度的提高,隔行信号所产生的行间闪烁和屏幕大面积闪烁现象变得十分明显,导致了电视图像的质量下降,并会引起人的视觉疲倦.将隔行电视信号进行插补处理,形成逐行扫描的电视信号,并提高帧频,可以有效地抑制和消除传统电视的行间闪烁、场闪烁和爬行现象^[3],改善电视信号的显示效果和提高画面清晰度.

隔行扫描带来了扫描格式转换及其图像处理的复杂化.近 20 年来,已经提出了许多隔行到逐行的转换算法,如从简单的利用方向相关滤波的空间插值到先进的运动补偿(MC)插值^[2,4],并已应用到一些产品中,而一些新的算法也会随着成本的降低而逐渐出现在产品中.最近的研究表明,针对不同的环境下运动视频进行运动补偿的时域插值可以提高甚至已经十分高效的压缩效率.目前广泛采用的运动自适应算法虽然在静止区域能保持很高的图像质量,但运动区域的空间清晰度不够并且仍然有闪烁,也不能保证自然运动轨迹的图像帧频转换^[5,6].另外,将隔行到逐行的转换算法、图像降噪、图像边缘增强、图像大小变化(Zoom)和色度瞬态特性改善等数字视频处理算法在专用芯片上经济地实现也是一个急待解决的重要问题.

本文先介绍作者领导的研究小组所提出的隔行到逐行转换插补的新算法、非线性滤波及其增强型数字视频图像处理芯片的设计及其实现,然后讨论应用该芯片的逐行扫描数字化电视整机的实现技术,最后给出应用 SOC 技术的实现单片数字视频图像处理系统的方案.

2. 基于图像边缘方向的逐行插补算法

2.1 隔行电视信号插补算法的时空频域分析

标准的隔行电视信号是将奇场信号和偶场信号分别进行传输.隔行电视信号的逐行变换即是将隔行电视信号的奇场信号和偶场信号进行插补,使之成为一帧信号.在一帧逐行信号中,将包括完整的奇场信号和偶场信号.隔行信号插补过程如图 1 所示.

将隔行电视信号转换为逐行电视信号使得电视信号在图像垂直方向上提高采样密度,可以消除在对电视信号进行隔行采样时造成的一次谐波分量的影响,从而提高电视信号的

清晰度.

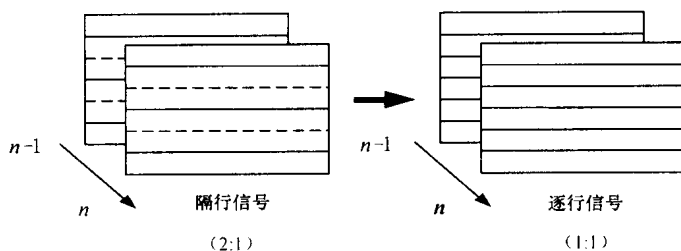


图 1 隔行插补示意图

为了充分保持原信号的特征, 必须要有足够的采样率. 由采样定理可知, 为使采样后能够真实地反映原始模拟信号的信息, 采样率不得小于信号最高频率分量的 2 倍. 当对信号欠采样时, 就会出现信号混叠的现象, 即采样后的信号中混入了虚假的低频信号分量. 消除信号混叠的基本方法是在对信号进行采样前使用一个低通滤波器, 称为反混叠滤波器, 滤除高于采样频率 1/2 的高频分量, 保证信号不会出现欠采样. 但是, 在对电视视频信号进行采样时, 对信号的预处理只有在摄像机的光学通路中进行, 因此, 在实际系统中, 对信号的反混叠滤波是不易实现的, 这导致了隔行采样的电视信号与原始信号的非线性关系. 由于电视信号的隔行到逐行处理的采样率并不是线性变换的, 如果仅仅是将隔行的奇偶场电视信号简单地按照线性关系插补成一帧图像, 会造成图像运动模糊和图像边缘锯齿等问题.

电视信号以行、场方式进行扫描, 实现平面图像的传输和显示过程的实质是对一个三维 (x, y, t) 模拟信号进行二维采样的过程. 即在水平 x 方向上保持模拟信号不变, 而在垂直 y 方向上和时间 t 方向进行二维取样. 以亮度信号而言, 其采样后的信号可用图像亮度函数 $f(y, t)$ 与一个冲击函数序列相乘来表示. 式 (2.1) 和 (2.2) 分别给出隔行与逐行扫描信号时域表示:

隔行扫描

$$f_1(y, t) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \left[f\left(\frac{2m}{625}, \frac{2n}{50}\right) \delta\left(y - \frac{2m}{625}, t - \frac{2n}{50}\right) + f\left(\frac{2m+1}{625}, \frac{2n+1}{50}\right) \delta\left(y - \frac{2m+1}{625}, t - \frac{2n+1}{50}\right) \right] \quad (2.1)$$

逐行扫描

$$f_2(y, t) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} f\left(\frac{m}{625}, \frac{n}{50}\right) \delta\left(y - \frac{m}{625}, t - \frac{n}{50}\right) \quad (2.2)$$

其对应的频域表达式:

隔行扫描

$$F_1(f_y, f_t) = \frac{625}{2} \times \frac{50}{2} \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} F\left(f_y - \frac{625}{2}m, f_t - \frac{50}{2}n\right) \times [1 + (-1)^{m+n}] \quad (2.3)$$

逐行扫描

$$F_2(f_y, f_t) = 625 \times 50 \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} F(f_y - 625m, f_t - 50n) \quad (2.4)$$

通过对电视信号的频谱图分析,可以清楚地看到静止图像与运动图像的差别.因此,在隔行信号的插补处理过程中,对静止图像和运动图像的处理方法应当有区别.下面分别以 50Hz 的静止和运动视频信号为例讨论其频谱图.图 2(a)是静止图像的频谱,它不但表示了其基带的频谱,也表示了隔行采样信号在 25Hz、50Hz 的谐波分量.图 2(b)是运动图像的频谱.从图 2(b)可以看出,当图像运动时,图像垂直方向上的频谱方向发生了偏转.因此,在运动图像序列中,相邻图像序列的信号相位发生了变化.从图 3 可以看出,将隔行电视信号插补成为逐行电视信号就是滤除隔行信号中的混叠信号,达到提高图像清晰度的目的.图 3(a)是隔行信号的运动图像频谱,可以看出,信号在 25Hz 处的一次谐波产生了混叠现象.图 3(b)是在理想情况下通过逐行插补算法处理得到的信号频谱,第一谐波分量被完全滤除掉了.显然,电视信号的逐行插补算法将涉及时域和空域的处理.

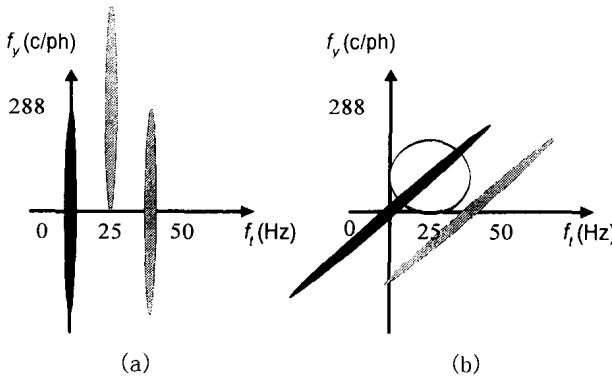


图 2 视频图像二维频谱图

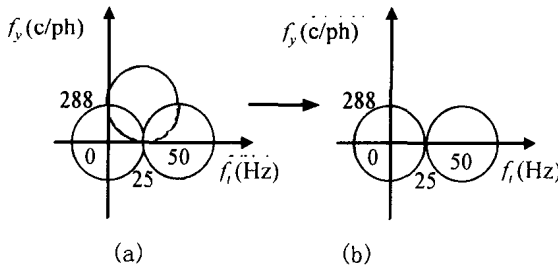


图 3 (a)隔行信号频谱 (b)理想的逐行插补后的频谱

2.2 基于边缘方向的逐行插补算法

为了在运动和静态两种区域都能获得好的插补效果,需要对视频信号进行运动检测,根据相邻两帧图像之间的差,在场间和场内插补之间切换.但由于图像中的噪声,往往使静止图像序列的视频图像之间也会存在差别.另外,视频信号的色副载波也导致了彩色区域的非一致性,以及对信号进行采样时钟的不稳定,都会使图像的水平区域不能完全重复.因此,需要用一个可变系数来描述视频图像的运动,而不能仅仅用“0”或者“1”给出运动检测的估计结果.

传统的插补方法往往是使用邻近像素的平均值作为插个方向的相邻像素并综合图像的边缘方向信息完成插补运算.对于运动图补像素的值,没有考虑图像边缘的方向信息,会

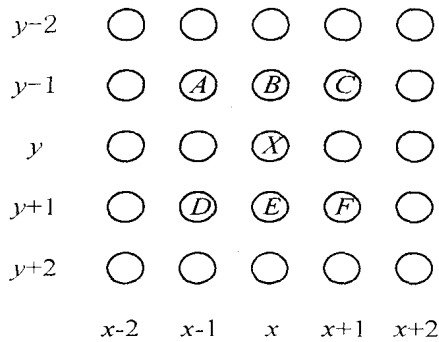


图 4 插补算法像素矩阵示意图

造成图像边缘的不连续. 而使用加权中值滤波的方法可以很好的解决图像边缘不连续的问题, 这种方法是将待插补像素各象使用场内插补是很有必要的, 这样能够很好的保留信号的基波分量. 基于图像边缘插补算法是由图像的边缘信息确定边缘的方向, 然后再根据边缘的方向进行插补. 如图 4 所示, 图像的像素矩阵中点 X 是待插补的像素点. X 点的值是根据图像的亮度梯度确定图像在该点附近的边缘信息, 然后通过边缘信息的插补获得的. 当前像素点的亮度值可以由式 (2.5) 得到:

$$X = \begin{cases} X_A \left(\left(|A - F| < |C - D| \right) \wedge \left(|A - F| < |B - E| \right) \right) \\ X_B \left(\left(|A - F| < |C - D| \right) \wedge \left(|A - F| < |B - E| \right) \right) \\ X_C \text{ (Otherwise)} \end{cases} \quad (2.5)$$

式中 X_A , X_B 和 X_C 的取值分别代表经滤波后三个方向像素对 (A, F) , (B, E) 和 (C, D) 的结果. 而对于每一像素对的内插值, 可以采用均值滤波或中值滤波的方法. 当采用均值算法时, 其中 X_A , X_B 和 X_C 由下式计算:

$$X_A = \frac{A + F}{2}, \quad X_B = \frac{B + E}{2}, \quad X_C = \frac{C + D}{2} \quad (2.6)$$

2.3 基于边缘方向插补算法的硬件实现

从以上分析可以看出, 基于图像边缘方向的插补算法可以通过并行处理而大大提高处理的速度. 因此, 这种基于图像边缘方向的插补算法十分适合应用硬件进行算法处理的实现. 中值滤波的窗口大小对降噪影响也很大, 窗口大, 对脉冲噪声抑制效果差, 但对图像带来的损伤小; 反之, 窗口小, 对图像的损伤大, 但降噪效果好. 同时, 窗口的选择还必须考虑到硬件实现的问题. 窗口选择过大, 需要占用大量的寄存器, 也会由于所需处理的数据量增加, 导致信号延迟增加, 为硬件的实现带来很大的困难. 综合上述考虑, 在用硬件实现滤波算法时选择 3×3 的 9 点窗口较合适.

基于图像边缘方向的插补算法的硬件实现结构分为四部分 (如图 5 所示): 输入像素的并行结构转换矩阵、多方向的图像边缘插补滤波、图像边缘检测控制电路以及多路选择输出电路. 在输入像素的并行结构转换矩阵电路中, 通过一个寄存器矩阵实现对输入串行

像素点的并行化处理，完成 3×3 滤波窗口的设定工作；多方向的图像边缘插补滤波电路是将各个方向的像素对分别进行插补滤波处理，这种设计可以通过并行处理满足实时视频处理的要求。图 6 给出了实际处理的效果，从该图可以看出，基于图像边缘方向的插补算法能消除图像的运动模糊，并能提高图像画质。

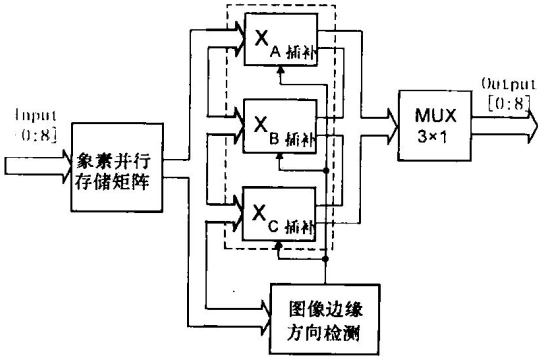


图 5 基于图像边缘方向的插补算法的硬件实现框图

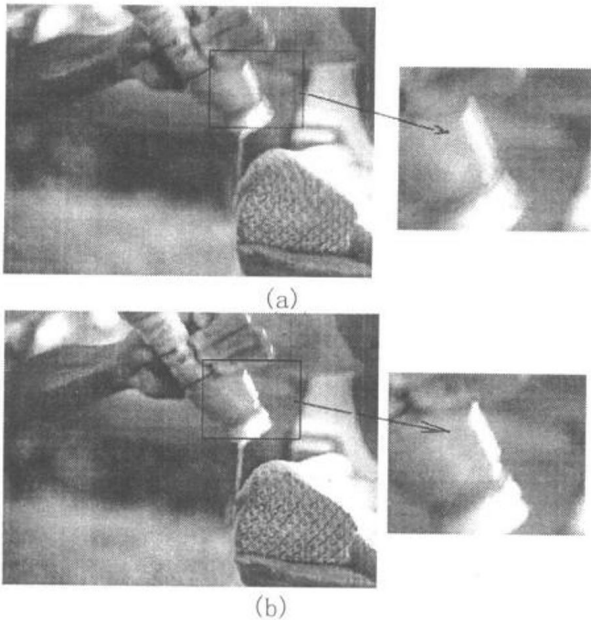


图 6 基于图像边缘方向的插补算法的实验结果
(a)原图 (b)处理后的图像

4. 视频图像的自适应处理

4.1 具有边缘保护特性的二维中值滤波

中值滤波是一种自适应非线性滤波，其输出由该滤波器区域内的中值给出：

$$s(n_1,n_2)=\text{Med}\{g(i_1,i_2)\}_{(i_1,i_2)\in B(n_1,n_2)} \tag{4.1}$$