

14
15

396-400

一种用于脸部特征估计的快速边缘提取方法*

刘建峰 戚飞虎

(上海交通大学计算机科学与工程系, 上海, 200030)

李春茂

(香港科技大学计算机系, 香港)

TN919.8
TN949.28

摘要 提出了一种基于子波变换(Wavelet Transform)的边缘提取方法, 该方法充分利用了子波变换的多分辨率特性. 将本文方法与其他方法相结合, 可望为可视电话图像的甚低比特率传输提供一种有效的技术手段.

关键词 边缘提取, 基于模型的编码, 子波变换, 多分辨率.

图像处理
可视电话图像

引言

基于模型的编码是一种新的高压缩比数据压缩技术, 该技术中一个非常艰巨的任务是图像中目标参数的检测、定位和描述. 其中, 由于可视电话中的目标主要是人脸, 因此, 脸部特征提取成为基于模型编码中正在探讨的一个关键技术. 事实上, 在参数初始化时, 为了估计脸部特征, 我们需要将标准模型与原图的脸部边缘提取结果相匹配. 为此, 实验中, 我们采用了CANDIDE脸部模型, 并且该模型中我们只保留了对应于脸部特征(如眼、耳、口、鼻)的信息. 由于基于模型的编码方案要求我们快速准确地提取头肩像的边缘并估计脸部特征, 因而我们提出了一种新的基于子波变换^[2]的方法来进行头肩像的边缘提取.

1 基于子波变换的边缘提取

1.1 头肩像的边缘提取存在的问题

迄今, 人们在边缘提取方面已提出了不少方法, 其中有的方法确能得到较好的边缘提取结果. 然而, 对于基于模型的编码中头肩像的边缘提取, 尚需满足以下几点要求: (1) 算法必须简单有效; (2) 由于人脸的光照通常不均匀, 因此, 有必要采取一些措施, 将这些由光照造成的难以去除的假边缘去除; (3) 为估计脸部特征, 我们只需保留诸如眼睛、鼻子、嘴等处明显的边缘.

文献[1]、[3]、[4]中提出的方法不能获得理想的边缘提取结果, 或者运算太费时. 因此, 我们将提出一种新的边缘提取方法以满足上述要求. 该方法既利用了离散子波变换的多分

* 本文得到博士点基金(编号 9424819)、自然科学基金(编号 69572026)、国家攀登计划(编号 NSC92097)资助项目
稿件收到日期 1996-11-01, 修改稿收到日期 1997-02-11

分辨率表述特性,又利用了连续子波的多尺度边缘提取功能.

1.2 离散子波的多分辨率表述及连续子波变换

目前,子波变换在信号领域中的应用越来越广泛,其中一种重要的应用是用离散子波的多分辨率表述为理解和处理图像信息提供一个简单的分层框架.从某种意义上讲,低分辨率下的模糊图像不仅提供了图像的上下文信息,而且还去除了大量由噪声和不均匀光照形成的细节,而高分辨率下的细节分量则便于我们进一步分析感兴趣的那部分信息.因此,我们很自然想到首先分析粗分辨率下的图像信息,然后再增加分辨率.这种策略,我们称之为由粗到细的处理策略.在粗分辨率时,图像信息由很少的样本来描述,而且大多数由光照不均匀造成的细节也得以去除.因此,粗略信息的处理可以迅速有效地完成.更精细的信息固然需要更多的样本来描述,但根据上下文信息,我们可以限制计算范围,从而加速计算.采用由粗到细的策略,我们不仅能在不均匀的光照下提取必要的脸部特征,而且还能使所需处理的信息量达到最小.

为实现脸部图像的多分辨率表述,我们采用快速子波算法^[2]:设 $\{V_j\}$ 为一个给定的多分辨率分析, Φ 为对应的尺度函数, $\Phi_{j,k}(x) = \sqrt{2^j} \Phi(2^j x - k)$, $f \in V_j$ (J 为一已知整数)为一随机信号, $C_{j,k}$ 为一离散系数,于是有

$$f(x) = \sum_{k \in Z} C_{j,k} \cdot \Phi_{j,k}(x). \quad (1)$$

将 Φ 傅里叶变换分解为

$$\Phi(\omega) = \prod_{p=1}^{\infty} H(e^{-i2^{-p}\omega}). \quad (2)$$

其中 $H(e^{-i\omega})$ 是一离散滤波器的传输函数,它满足

$$|H(e^{-i\omega})|^2 + |H(-e^{-i\omega})|^2 = 1. \quad (3)$$

我们称满足方程(3)的滤波器 $H = (h_n)_{n \in Z}$ 为镜像滤波器.令 $C_{0,k}$ 代表一离散图像灰度值,经过若干推导^[3],有

$$C_{j,k} = C_{j+1,k} \cdot (H, H), \quad (j = -1 \dots -N) \quad (4)$$

其中 $C_{j,k}$ 是对信号 $C_{0,k}$ 在分辨率 J 下的估计, $C \cdot (H, H)$ 代表以下运算:将 C 的每一行与 H 进行卷积,并作2取1抽样,然后将上述结果的每一列与 H 卷积,并作2取1抽样.重复应用方程(4),我们就可以得到图像在不同分辨率下的信息.

目前,边缘提取中存在一个棘手的问题,即定位与检测的均衡问题.一方面,小的边缘模板(高分辨率)对噪声很敏感,而且会检测到冗余的细节,但其定位精度高;另一方面,大的边缘模板(低分辨率)有较强的抗噪能力,但它定位精度低.为了提取出既有高定位精度,又能有效去噪的边缘信息,可以利用子波变换的多尺度特性.

根据文献[4,5],对一特定的连续子波,图像边缘对应于子波变换的局部最大值,子波变换的最大值检测等效于经典的边缘检测.在此,为适应人眼的视觉特性,我们选高斯函数的一阶导数作为连续子波以提取脸部边缘.

由于多分辨率表述产生了具有不同图像大小的多分辨率图像,因此,将这些不同大小的图像与同一连续子波卷积,我们就可以得到等效的多尺度边缘提取结果,将该多尺度信息结

合起来,不仅可以有效去噪,而且还可以精确地对边缘定位.

1.3 边缘提取过程

根据上述分析,我们将头肩像边缘提取过程分为以下步骤^[5]:(1) 根据方程(4)将图像进行分解,获得头肩像的多分辨率表述;(2) 选择某一适当的分辨率,使得用上述子波提取该粗分辨率图像的边缘时,能保留对应于眼、耳、口、鼻等处明显的边缘,而其他由光照不均匀形成的假边缘及若干噪声或冗余细节则被删除;(3) 对于原始图像,在步骤 2 所选出的边缘对应的位置附近,用同一子波函数对这些候选边缘点进行卷积计算,并提取出最终的边缘检测结果.

由于图像在粗分辨率时,由光照不均匀等造成的噪声细节已基本删除,同时,又由于我们首先用子波提出图像在粗分辨率下的边缘(等效于用一个大的边缘模板检测边缘),因此,在粗分辨率时提取的脸部边缘非常清晰,当我们在上述边缘提取结果指导下,用同一子波提取原始图像(最低分辨率,对应于最小尺度边缘模板)边缘时,一方面,根据粗分辨率下的边缘提取结果,我们可以得到具有高抗噪性能的边缘信息,另一方面,在这一最高分辨率下,我们所提取出的边缘又具有高的定位精度. 所以,采用上述方法,可望得到快速理想的边缘提取结果.



图 1 两个相邻最小分辨率下的图像表述

(a) 原始 Clare 图像(分辨率为 2^0), (b) 原始 Miss America 图像(分辨率为 2^0),
(c)、(d)是与(a)、(b)对应的分辨率 2^1 下的粗略图像

Fig. 1 Image representations at two neighboring resolution

(a) The original Clare image (at resolution 2^0), (b) The original Miss America image
(at resolution 2^0), (c) and (d) The corresponding coarse images at resolution 2^1

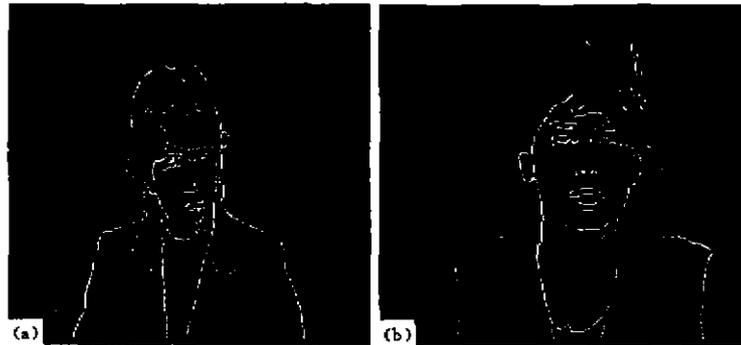


图2 本文方法对图1(a)、(b)所示原始图像的脸部边缘提取结果
Fig. 2 (a)、(b)The corresponding facial edge detection results using the proposed approach

2 脸部特征匹配与估计

提取出头肩部边缘后,我们可以采用 Chamfer 匹配方法^[6]来估计脸部特征.通过将模型放在由脸部边缘所形成的距离图的不同位置,计算相应的距离平均值,就可以得到一种称之为边缘距离的匹配程度度量值,使边缘距离最小的位置对应于最佳匹配模型.

找出具有最小边缘距离的位置后,还应进行一次新的搜索,找出相应的尺度因子及旋转角度,以使最小距离更小.

最后,还需再进行一次搜索,分别搜索眼睛、鼻子、嘴巴的位置,以进一步校准最佳匹配位置.由于在边缘提取阶段,我们已清楚地提取出了头肩部边缘,因此,在对脸部特征进行匹配时,可以很方便地估计出眼睛、鼻子、嘴巴等处脸部特征.

3 实验结果

我们在标准的 Miss America 序列及 Clare 序列上实现了上述方法.

实验中,我们选择 Harr 子波进行多分辨率表述,取高斯子波中的 σ 为 1,并按作者文献[5]中的方法自适应选择门限.通过实验,我们发现,只需两个相邻的分辨率就可以去除由光照不均匀造成的影响,同时又能提取出所需的明显的边缘特征(见图1).

图2示出了我们分别对 Miss America 序列及 Clare 序列中某一帧图像进行边缘提取的结果.由图1可以看到,虽然在 Miss America 及 Clare 脸上都存在不均匀的光照,但这并未使边缘提取结果出现由光照形成的假边,这一点对绝大多数边缘提取方法说是难以做到的.另外,整个边缘提取过程在 80486PC 机上运行只需数秒钟即可完成.这些特征,使得本文所述边缘提取方法为基于模型的编码中更准确的模型参数提取奠定了基础.

4 结论

本文提出了一种有效的用于脸部特征估计的边缘提取方法,该方法以新型的子波理论为基础,既采用了连续子波作为边缘提取模板,又利用了离散子波变换进行多分辨率描述.

由于该方法充分利用了子波变换的优点,不仅快速简单,而且非常有效,从而它为脸部特征参数估计作提供了必要的前提条件,进而使基于模型的甚低比特率编码得以顺利进行。

REFERENCES

- 1 Haralick R M, Sternberg S R, Zhuang X. *IEEE Trans.*, 1987, PAMI-9, (4), 532~550
- 2 焦李成, 保铮. *电子学报* (QIAO L C, BAO Z. *Acta Electronica Sinica*), 1993, 21(7): 91
- 3 Liu J F, Qi F H. *Journal of Shanghai Jiao Tong University*, 1995, (6): 132
- 4 Liu J F, Qi F H. *Proceedings of IEEE International Conference on Neural Network and Signal Processing*, Nanjing, Dec. 1995, 1026~1030
- 5 Liu J F, Lee C M. *Proceedings of 12th International Conference on Analysis and Optimization of Systems Images, Wavelets and PDES*. Paris, June, 1996, 345~355
- 6 Barrow, Tenenbaum H G, Bolles J M, et al. *Parametric Correspondence Proc. 5th Int. Joint Conf. on Artificial Intelligence*, Cambridge, DSA, 1977, 659~663

A FAST EDGE EXTRACTION APPROACH FOR FACIAL FEATURE*

LIU Jian-Feng QI Fei-Hu

(Department of Computer Science, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200030, China)

C. M. Lee

(Department of Computer Science, Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong, China)

Abstract A new wavelet-based edge extraction approach for the estimation of the facial features was proposed, which can be used in model-based coding schemes. The method makes full use of the multiresolution properties of wavelet transform and it can be used in conjunction with other methods for extremely low bit rate transmission of videophone pictures.

Key words edge extraction, model-based coding, wavelet transform, multiresolution.

* The project supported by the Doctorate Foundatin, the National Natural Science Foundation, and the Climbing Program of China

Received 1996-11-01, revised 1997-02-11