

边缘检测算法改进及其在 QoE 测定中的应用

张登银, 薄顺荣, 许扬扬

(南京邮电大学 信号处理与传输研究院, 江苏 南京 210003)

摘要:提出一种基于数据融合的图像边缘检测算法,利用改进的 Sobel 算子和离散小波变换提取边缘,然后将两种方法的检测结果进行数据融合,合成一幅新的边缘图像。研究该算法的目的是应用于 QoE (Quality of Experience) 测定系统。对比实验结果表明,合成图像边缘的清晰度和连续性明显改善,获得的边缘信息更加完整。融合后的图像边缘综合了两种检测方法的优点,能有效地去除图像噪声,是一种有效的图像边缘检测方法。

关键词:边缘检测;小波变换;体验质量;Sobel 算子;数据融合

中图分类号:TP37;TP911.73

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2009)08-0049-05

Improved Image Edge Detection Algorithm and Its Application in QoE Measurement

ZHANG Deng-yin, BO Shun-rong, XU Yang-yang

(Institute of Signal Processing and Transmission, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: A new scheme for image edge detection based on data fusion is presented in this paper, which detects the edge of original image with DWT (discrete wavelet transformation) and Sobel respectively, and produces a new image by fusing the two results above. The intention of the research can be applied on QoE (Quality of Experience) measurement system. The experiment results show that the clarity and continuity of the fused edge of image is more clearly and the information of the edge is more completely. The integration of Sobel and DWT can remove the image noise effectively, and the fusion image shows the advantages of both. So it is an effective edge detection method.

Key words: edge detection; DWT; QoE; Sobel; data fusion

0 引言

边缘是图像最基本的特征,一幅图像的大量信息就是由它的轮廓边缘提供的。所谓边缘是指图像局部强度变化最显著的部分^[1]。主要存在于目标与目标,目标与背景,区域与区域之间。边缘具有方向和幅度两个特征,沿边缘走向,像素值变化比较平缓,垂直于边缘走向,像素值变化比较剧烈。边缘检测在图像处理中占有很重要的地位。它是图像分割、图像分析和理解的重要基础^[2]。其算法直接影响系统的性能。

目前广泛使用的图像边缘检测算法有 Sobel、Prewitt、Canny、Laplacian 等。这些算法是假设边缘点对应于原始图像灰度级梯度的局部极值点,但是当图像含有噪声时,这些算法对噪声非常敏感,常常会把噪声当

做边缘点检测出来,而真正的边缘可能会被漏检^[3,4]。传统 Sobel 算子检测的边缘不连续,文中结合用户体验质量 QoE (Quality of Experience) 测定应用,对其进行了改进,使其检测的边缘连续。小波变换由于有突出信号局部特征和进行多分辨率分析的能力,已经成功地应用在图像边缘检测领域。最后,利用改进的 Sobel 算子和离散小波变换分别对图像进行边缘检测;将检测出来的边缘通过数据融合,得到最终的图像边缘输出。实验证明,改进后的算法不仅能很好地提取图像边缘,而且也能有效地去除图像的噪声,大大地减少了噪声对图像边缘的影响。

1 传统 Sobel 检测算子及改进

1.1 传统 Sobel 边缘检测算子

边缘检测算法一般都有如下 4 个步骤:滤波,增强,检测和定位。在常用的边缘检测算法灰度值的基础上,考察图像中每个像素的某个邻域内灰度的变化,

收稿日期:2008-12-16;修回日期:2009-03-09

基金项目:国家 863 计划项目(2007AA701302,2008AA701202)

作者简介:张登银(1964-),男,江苏靖江人,研究员,博士,主要研究方向为信号与信息处理、IP 网络技术、服务质量与信息安全。

利用一阶或二阶导数的规律进行边缘检测。梯度算子就是利用图像边缘的一阶导数来检测边缘,其中,最为经典的就是 Sobel 算子。

梯度是一阶偏导数的等效式:

$$G(x, y) = \begin{pmatrix} G_x \\ G_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \partial f / \partial x \\ \partial f / \partial y \end{pmatrix} \quad (1)$$

Sobel 算子一种梯度幅值:

$$|G(x, y)| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (2)$$

其中,偏导数可表示为:

$$G_x = (a_2 + ca_3 + a_4) - (a_0 + ca_7 + a_6) \quad (3)$$

$$G_y = (a_0 + ca_1 + a_2) - (a_6 + ca_5 + a_4) \quad (4)$$

式中常数系数 $c = 2$ 。Sobel 边缘检测算子可以使用两卷积模板来逼近一个偏导数(以 3×3 模板为例),如图 1 和 2 所示,其中图 1 为水平方向模板,用于检测垂直边缘,图 2 为垂直梯度模板,用于检测水平边缘。

$$\begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

图 1 水平模板

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{pmatrix}$$

图 2 垂直模板

Sobel 算法的边缘检测,就是在图像空间利用两个方向模板与图像进行邻域卷积运算完成的。将两个卷积的最大值,赋给图像中对应模板中心位置的像素,作为该像素的新灰度值,即:

$$f_{\max} = \text{Max}(G_x f(x, y), G_y f(x, y)) \quad (5)$$

由于图像附近的灰度变化较大,所以可以把那些邻域内,像素新灰度值大于等于 TH (TH 为某个阈值)的像素点当作边缘点。

Sobel 算子的优点是计算简单,速度快。但由于只采用两个方向模板,只能检测水平方向和垂直方向的边缘,因此,这种算法对于纹理较复杂的图像,其边缘检测效果欠佳^[5,6];同时,传统 Sobel 算法认为,凡是新的灰度值大于或等于阈值的像素点都是边缘点。这种判定依据欠合理性,会造成边缘点的误判,因为许多噪声点的新的灰度值也很大。针对 Sobel 算法的缺点,在传统 Sobel 算法的基础上作了改进,以弥补 Sobel 算法的不足。

1.2 Sobel 算子的改进

由于 Sobel 算子并不是各向同性,所以看到的边缘并不是完全连通的,因此需要对 Sobel 算子进行改进。在原有 90° 和 180° 两个垂直方向模板的基础上,新增加 0° 、 45° 、 135° 、 225° 、 270° 和 315° 六个方向的模板。

八个算子如图 3 所示,改进后的边缘连通性更好。

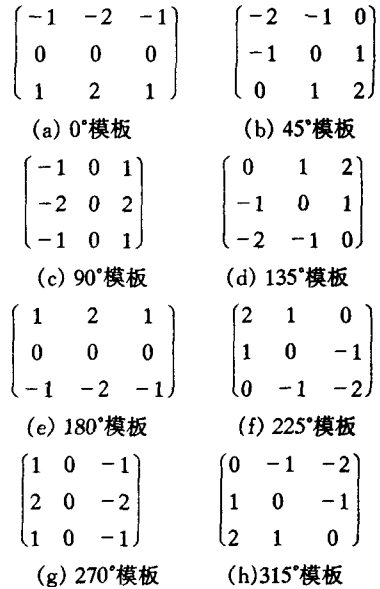


图 3 八个方向模板

2 离散小波变换边缘检测算法

小波变换被誉为分析信号的数学显微镜^[7,8],它为信号和图像的表示提供了一种多尺度、多分辨率的方法,能够同时给出信号和图像的时域和频域的信息。目前已经成功应用在图像边缘检测领域。小波变换包括离散小波变换(DWT)和连续小波变换(CWT)。连续小波变换的理论是建立在群论的基础上,对信号细微变换的检测更灵敏。离散小波变换理论主要建立在多尺度分析或滤波器的基础上,应用十分广泛。

2.1 离散小波变换基本理论

在图像处理中,需把连续小波及其小波变换离散化才有意义。如果计算每个尺度上的小波变换系数,那将是一项非常庞大的任务。在实际应用中通常是选择某个尺度集进行小波变换系数计算的。DWT 是建立在采用 2 的幂次作为尺度的基础上。图像信号是非平稳信号,因此图像的频率是随时间变化的^[9,10]。变化慢的对应于非平稳图像的低频部分,代表图像的主体轮廓;而变化快的对应于图像的高频部分,表示图像的细节。文中主要研究图像的边缘细节,即图像的高频部分。因此利用离散小波变换对图像进行分析,比较适合于边缘提取,且具有较好的局部化特征。

2.2 离散小波变换边缘检测

一般来说,在低频部分信号比较平缓,信号随时间的变化不大,可以通过降低时间分辨率来提高低频的分辨率。而在高频部分信号变化剧烈,频率变化不大,可以通过提高时间分辨率来降低低频分辨率。据此,实现离散小波变换边缘检测步骤如图 4 所示^[11,12]:

1)通过二维离散小波变换对图像进行分解。子图 LL_2 为原图像的低频部分;子图 LH_2 保持了原图像的垂直边缘细节;子图 HL_2 保持了原图像的水平边缘细节;子图 HH_2 保持了原图像的对角线方向的细节。

2)降低小波变换后子图 LL_2 系数矩阵的幅度,其他三个子图的系数矩阵保持不变。目的是保持高频分量,而忽略低频分量。

3)利用变换后各子图的系数矩阵重构原图像。

4)由于改变了小波变换域中低频分量系数的幅度,因此在重构的图像中出现许多噪声点。根据图像的局部方差来设置相应的滤波器,对噪声图像实现自适应滤波,达到更好的输出效果。

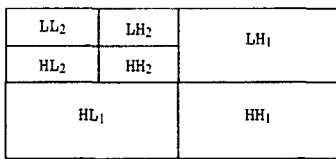


图 4 小波变换分解过程

2.3 改进 Sobel 算子和离散小波边缘检测结合

改进后 Sobel 算子边缘连续,抗噪声能力弱;而小波变换抗噪声强,边缘连续性较弱。提出一种新的边缘检测算法,采用改进的 Sobel 算子和离散小波变换进行边缘检测,将各自提取的边缘进行数据融合,通过一个权值处理,输出最终图像。检测步骤见图 5:

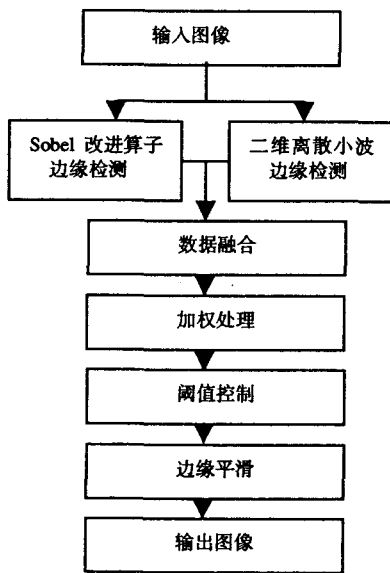


图 5 改进边缘检测算法流程

1)对原始图像应用改进的 Sobel 算子提取边缘,获得的边缘连续,但容易混杂许多噪声点。

2)应用离散小波变换对原始图像进行边缘检测,获得的边缘连续性不好,抗噪性强。

3)将提取的两幅边缘进行对应点的像素值加权平均,把两幅图像融合为一幅新的边缘图像。再进行

阈值控制,去除多余的信息。

3 实验结果比较及分析

3.1 QoE 测定系统与实验环境配置

用户体验质量(QoE, Quality of Experience)是在 QoS(Quality of Service)研究基础上进一步延伸,更注重终端用户的体验,是指业务满足用户期望的程度,它主要从用户角度对服务性能进行评价。所设计的 QoE 测定系统,主要用来测评用户体验质量。通过获取在线用户使用计算机的当前状况,分析终端用户的学习状态,测试终端用户的体验感受。系统采用双摄像头拍摄,摄像头 1 与用户眼睛视线平行,用来拍摄计算机屏幕,摄像头 2 正对着用户右眼,用来拍摄眼球运动。对两个摄像头获取的视频帧使用文中提出的边缘检测算法,分析头部和眼球运动状态,并进一步将其结果进行信息综合,最终,判断出用户当前注意力是否在计算机屏幕方向,以此得到所要测试的用户体验质量。

该 QoE 测定系统是通过 VC 开发用户界面,调用 OpenCV(开源计算机视觉)函数库进行系统开发,通过双摄像头分别采集得到与用户有关的视频帧,在 VC 中调用 Matlab 引擎,进行混合编程^[13,14]。测定系统的流程图如图 6 所示,其中边缘检测部分就是采用文中提出的基于数据融合的改进算法。系统同时对眼球和屏幕视频帧进行边缘检测处理并通过相邻帧比较边缘移动变化,进一步将各结果进行信息综合,判断当前用户注意力是否在计算机屏幕方向,最终得到测试用户的体验质量。

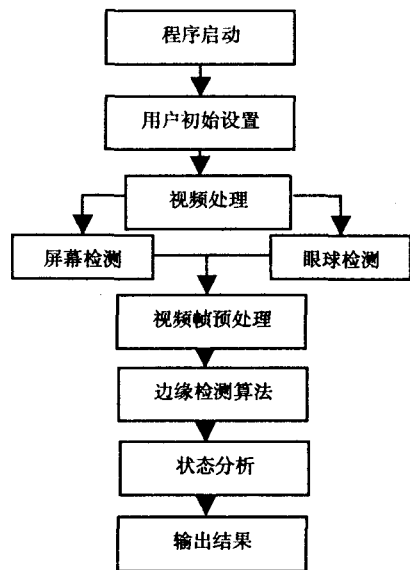


图 6 QoE 测定系统流程

要实现在 VC 中调用 Matlab 引擎,需要在 VC 中做一些设定。

(1) 添加头文件目录:选择菜单“Tools \ Options \ Directories \ Show directories for: \ include file”,在 Directories 中添加目录“% matlab% \ extern \ include”,其中% matlab%表示 Matlab6.5 的安装目录。

(2) 添加库文件目录:在“Show directories for ”下拉列表中选择“Library files”。在 Directories 中添加目录“% matlab% \ extern \ lib \ win32 \ microsoft \ msvc60”。

(3) 添加库文件:为了顺利使用 Matlab 引擎函数,还要对工程指定引擎函数的库文件。选择菜单“Project \ Setting \ Link \ Object/Library moduals”中添加两个库文件:libeng.lib 和 libmex.lib。该实验主要采用的

引擎函数有:engOpen()打开引擎,engEvalString()向 Matlab 发送命令。engClose()关闭引擎。

3.2 实验结果与分析

文中以屏幕检测为例,读取某一视频帧,大小为 $480 \times 480 \times 8\text{bit}$ 灰度等级进行边缘检测,实验结果如图 7 所示,其中图 a 为原始图像。从实验结果来看,改进后的 Sobel 算子检测的边缘(图 c)包含的信息比传统的 Sobel 算子(图 b)要多,边缘相对连续,但丢失了一些有用的细节信息,同时边缘信息中混杂了许多噪声点;单独采用离散小波变换检测到的边缘(图 d)中,噪声点减少,但是边缘图像的连续性不太好。而文中采用的是两种算法基于数据融合的结合,弥补了两种

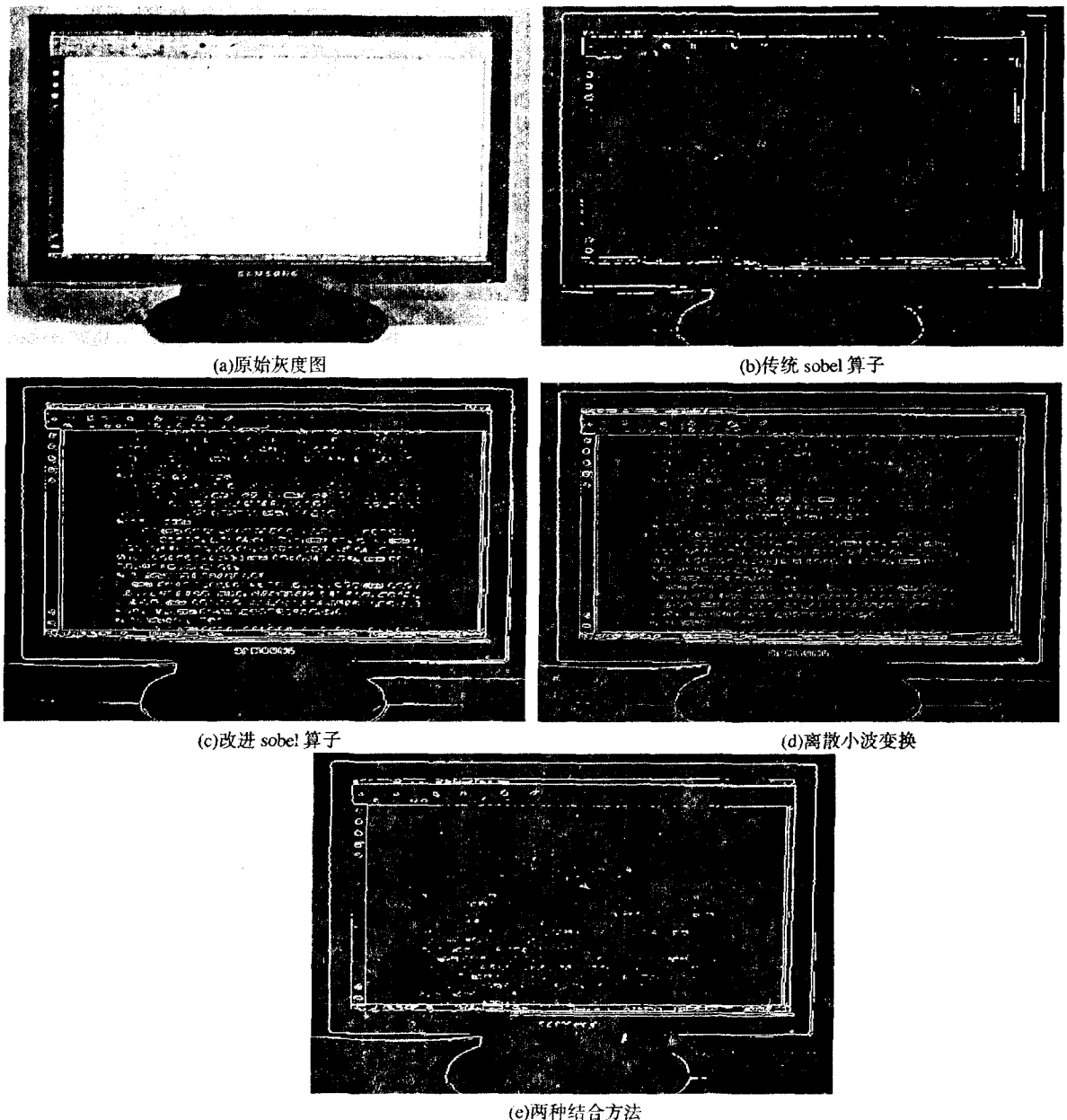


图 7 视频帧仿真结果

边缘检测方法的不足之处,但又保持了各自优点使图像边缘具有很好的清晰度和连续性(图 e),边缘信息比较完整,具有很好的视觉效果。最终检测出的边缘图像更有利于 QoE 测定系统下一步的判断使用。

4 结束语

文中提出的算法是基于数据融合的边缘检测算法,结合了改进 Sobel 算子和离散小波变换各自的优点,利用两种不同方法检测出的图像边缘具有很好的互补性。与其它边缘检测算法相比,文中提出的方法能有效地抑制噪声,也能获得精细边缘。当然该方法也存在一些不足之处。一方面,改进的 Sobel 算子在原有的基础上又增加了六个模板,另一方面,两种方法相结合进行边缘检测,增加了算法的复杂度和运算量,降低了边缘提取速度。但是检测结果比较理想。因此,该方法是一种有效的边缘检测方法。下一步工作是减少算法的复杂度,使能够满足视频处理的实时性需求。

参考文献:

- [1] 邹福辉,李忠科. 图像边缘检测算法的对比分析[J]. 计算机应用,2008,28:217-219.
 - [2] 刁麓弘,于 斌,李 华. 一种基于菲涅尔衍射的边缘检测算法[J]. 计算机学报,2006,29(12):2138-2142.
 - [3] 陈燕龙,祝成虎. 基于 Canny 算子的边缘检测改进算法[J]. 计算机应用与软件,2008,25(8):51-53.
 - [4] Zhang Bin, He Sai-xian. Improved Edge-detection Method Based on Canny algorithm[J]. Infrared Technology,2006,28(3):165-169.
 - [5] Yang Zhiyong, Zhou Qiyun, Zhou Dingkan. Gray Image Edge Detection Method Based on PCNN[J]. Computer Engineering and Applications,2004,21:92-94.
 - [6] Torrea J A, Amaral M S. Efficient, recursively implemented differential operator, with application to edge detection[J]. Pattern Recognition Letters,2006,27(9):987-995.
 - [7] Brannock E, Weeks M. Edge Detection Using Wavelets[C]// Proceedings of the 44th annual Southeast regional conference. Melbourne, Florida: [s. n.], 2006:649-654.
 - [8] Huang Yi Chin, Tung Yi Shin, Chen Jun Cheng, et al. An Adaptive Edge Detection Based Colorization Algorithm and Its Applications[C]// Proceedings of the 13th annual ACM international conference on Multimedia. Hilton, Singapore: [s. n.], 2005:351-354.
 - [9] Mongi A K. A Detection and classification of edges in color images[J]. IEEE Singal Processing Magazine, 2005,1:64-73.
 - [10] Shi Wenzhou, Zhu Changqing, Yan Tian. Wavelet-based image fusion and quality assessment[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2005,6:241-251.
 - [11] 刘秀丽,彭复员. 基于小波边缘的加权特征脸识别算法[J]. 计算机应用研究,2007,24(10):163-165.
 - [12] 范玮琦,张志文. 基于小波过零点检测的虹膜识别方法研究[J]. 计算机应用研究,2008,25(9):2859-2862.
 - [13] 赵文彬,张艳宁. 角点检测技术综述[J]. 计算机应用研究,2006(10):17-19.
 - [14] 王 祺,游志胜,覃树建. 基于视频图像像素点阵的车辆检测技术[J]. 计算机应用研究,2006(8):183-185.
-
- (上接第 48 页)
- JXTA 网络之上,可以充分利用 JXTA 提供的安全机制,比如传输层安全协议(TLS)、传输独立性和数字证书(X.509)来实现 Web 服务调用中消息传输安全性和完整性、身份认证和不可抵赖性等目标。JXTA-SOAP 是一个开源项目,可以根据实际需要对其进行定制修改。
- 参考文献:**
- [1] 王明文,朱清新,卿 利. Web 服务架构[J]. 计算机应用研究,2005(3):93-94.
 - [2] 周傲英,凌 波. Peer-to-Peer 系统及应用[J]. 计算机科学,2002,29(8):200-202.
 - [3] 岳 昆,王晓玲,周傲英. Web 服务核心支撑技术:研究综述[J]. 软件学报,2004,15(3):428-442.
 - [4] W3C Web Services Architecture Requirements[EB/OL]. 2004. <http://www.w3.org/TR/wsa-reqs/>.
 - [5] 吴国庆. 对等网络技术研究[J]. 计算机技术与发展,2008,18(7):100-103.
 - [6] 汤 晟,吴朝晖. P2P-对等网络的未来[J]. 计算机应用研究,2004(1):13-16.
 - [7] Flenner R, Abbott M. Java P2P 技术内幕[M]. 北京:人民邮电出版社,2003.
 - [8] Traversat B, Abdelaziz M, Pouyoul E. Project JXTA: A Loosely-Consistent DHT Rendezvous Walker [EB/OL]. 2005. <http://research.sun.com/spotlight/misc/jxta-dht.pdf>.
 - [9] W3C SOAP Version 1.2 Part 1: Messaging Framework (Second Edition) [EB/OL]. 2007. <http://www.w3.org/TR/soap12-part1/>.
 - [10] Amoretti M, Zanichelli F, Conte G. ENABLING PEER-TO-PEER Web SERVICE ARCHITECTURES WITH JXTA-SOAP [EB/OL]. 2008. <https://soap.dev.java.net/amorettiESociety08paper.pdf>.