



中国通信学会学术会议文集

2010 年

通信理论与信号处理 学术年会

论·文·集

► 殷福亮 陈 喆 曹颖鸿 杨 磊 主编



2010 年通信理论与信号处理 学术年会论文集

殷福亮 陈 喆 曹颖鸿 杨 磊 主编

電子工業出版社·

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本论文集收录论文 105 篇, 范围涉及新一代网络与网络新技术、B3G、4G 相关技术与卫星通信、认知无线电及环境感知、信道估计、均衡与编码、数字信号处理及应用、雷达信号处理、语音信号处理、图像信号处理、DSP 及应用等方面的内容。

本书适合通信、电子、信号与信息处理领域的科研人员 and 高校师生阅读。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

2010 年通信理论与信号处理学术年会论文集/殷福亮等主编. —北京: 电子工业出版社, 2010.8
ISBN 978-7-121-11541-7

I. ①2… II. ①殷… III. ①通信理论—学术会议—文集 ②信号处理—学术会议—文集 IV. ①TN911-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 152368 号

责任编辑: 竺南直

印 刷: 北京季峰印刷有限公司

装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 46.25 字数: 1184 千字

印 次: 2010 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 148.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

中国通信学会通信理论与信号处理专业委员会

2010 年通信理论与信号处理学术年会

主办：

中国通信学会通信理论与信号处理专业委员会

承办：

大连理工大学

大会主席：

欧进萍（教授，中国工程院院士，大连理工大学校长）

郑宝玉（教授，中国通信学会通信理论与信号处理专业委员会主任）

大会组委会主席：

殷福亮（教授，大连理工大学信息与通信工程学院）

委员：

崔景伍 竺南直 孙 怡 郭成安 金明录 卢湖川

陈 喆 李万强 曹颖鸿 杨 磊 陈里铭

中国通信学会通信理论与信号处理专业委员会

主任委员:

郑宝玉

副主任委员:

项海格 范平志 林孝康 彭启琮 阮秋琦 田宝玉 吴镇扬

委员 (按姓氏拼音顺序排列):

安建平 仇洪冰 戴旭初 杜 歆 范 京 冯穗力 葛临东
顾学迈 何 晨 侯春萍 胡 波 黄剑明 刘贵忠 刘文予
刘 中 宋志群 孙 洪 王 晖 王盛利 王晓明 王岩飞
谢显中 许录平 许宗泽 颜永红 殷福亮 于 全 张邦宁
张晓琳 郑林华 周治中 竺南直
崔景伍 (秘书长)

前 言

当前,网络和通信技术继续朝着宽带化、移动化、泛在化的方向迅猛发展,人们将通过RFID(射频识别芯片)和传感器等生活在无所不在的网络即所谓物联网(IoT: Internet of Things)中。移动化催生IoT时代;融合与协同,是IoT网络架构的主要特征。频谱利用率是考验新一代移动通信网络的重要指标。为了满足新一代移动通信系统对频谱效率的要求,人们纷纷探索更加高效的无线通信技术。认知无线电技术是有效提高频谱利用率的重要手段,是未来无线移动通信的发展方向之一;已经提出的高效传输技术还有多载波OFDM技术、多天线MIMO技术、空时处理技术、混合多址技术、协作通信技术等。它们都是信号处理与通信技术特别是无线通信技术(包括组网技术)相结合的产物,这些结合极大地推动了通信技术的进步。

所有这些在本论文集集中均有所反映。此外,论文集中还包括无线传感器网络、压缩感知与应用、信道估计均衡与编码、雷达信号处理与智能天线、卫星通信与传输技术、语音与图像信号处理、计算智能与盲信号处理、DSP及应用等,共105篇。这些论文是通过专家严格评审,从收到的157篇论文中挑选出来的。这些论文充分反映了通信与信号处理领域近年来的研究成果及今后的发展趋势。由于版面和时间等条件的限制,还有不少优秀论文未能选入,深表歉意。

本着通信理论与信号处理专业委员会的一贯宗旨,我们希望本次学术会议也像本专委会的历次学术活动那样,办成一次既是交流成果,联络感情,结识新友的会议,也是探索未来,促进通信与信号处理学科发展的会议。衷心祝愿大家在会议期间收益多多,满载收获地返回各自的工作岗位,创造新的业绩,做出新的贡献。

最后,感谢大家来参加这次盛会,感谢东道主和会议的工作人员为大会的成功召开所付出的巨大努力,感谢电子工业出版社各级领导和编辑为本论文集的出版所付出的辛勤劳动。

郑宝玉

中国通信学会通信理论与信号处理专业委员会主任委员

目 录

第一部分 新一代网络与网络新技术

WMSN 中基于压缩感知的 VSQI 压缩反馈.....	陈守宁 郑宝玉 吉晓东 (2)
多源多中继信道容量分析.....	王进利 何 晨 蒋铃鸽 (15)
单中继解码前传增量中继的空间复用增益	何 凡 冯 辉 胡 波 (22)
WMSN 中基于 CS 的 CQI 压缩反馈.....	元 超 郑宝玉 吉晓东 (31)
双向中继信道中物理层网络编码的渐近性能分析.....	颜 伟 蔡跃明 (40)
基于分层结构的无线传感器网络入侵检测系统	李艳辉 李 雷 万 明 (47)
一种基于放大前传策略的线性中继网技术	孟庆民 郑宝玉 (53)
基于 ZigBee 的无线 Mesh 网络在家庭自动化中的实现.....	姜 浩 王洪玉 范胜召 (58)
基于 RSSI 的无线传感器网络分布式定位算法.....	刘 静 高庆华 金明录 (65)
基于中继选择的差分放大转发传输系统性能分析.....	蔡跃明 杨炜伟 王智林 (73)
基于 Iptables 和 shell 的 Ad Hoc 网络搭建方法的设计与实现	郑秋豪 王洪玉 李闪闪 (80)

第二部分 B3G、4G 相关技术与卫星通信

一种应用于 MIMO 系统的裁剪搜索路径的 SD-SIC 信号检测算法	毛新宇 任术波 王武军 项海格 (90)
OFDMA 多小区系统中频率复用的性能分析.....	李从改 何 晨 蒋铃鸽 (98)
时分双工卫星通信系统的物理帧自适应传输研究	任术波 栾 西 徐晓燕 吴建军 项海格 (106)
降低 OFDM 峰均比技术仿真比较	伍仁勇 陈 威 (112)
单天线功率约束条件下下行链路发送端的优化	裴圆丽 (117)
多波束卫星移动通信系统的传输时延特性分析	栾 西 徐晓燕 任术波 吴建军 项海格 (125)
一种降低 OFDM 系统 PAPR 的改进方法.....	周静如 许小东 戴旭初 (132)
基于 TDD 模式的 CDMA 卫星通信传输方案研究	徐晓燕 栾 西 任术波 吴建军 项海格 (139)
协同通信中基于放大转发和解码转发的功率分配比较.....	张冬慧 (146)
3G 网络自动测试仪设计和开发	李 宁 李北辰 汪 清 焦 迪 李冠锋 (154)
A Novel User-oriented End-to-End QoS Metric Framework	Ding Ling Yu Ke Zhang Lin Wu Xiao-Fei Du Ying-Tian (161)
一种改进的 OFDM 系统旁瓣抑制算法	伍永西 许小东 戴旭初 (172)

第三部分 认知无线电及环境感知

一种改进的认知无线网络用定向 L 型天线	李 雷 郑宝玉 崔景伍	(180)
基于合作感知的认知无线电频谱切换研究	吴呈瑜 何 晨 蒋铃鸽	(186)
认知无线电中频谱分配方法的研究	徐 聪 宋志群 刘 芳	(194)
量子遗传算法在认知无线电频谱分配中的应用	朱东坡 李 飞	(200)
一种基于串行网络的协作频谱感知方案	张冰玉 郑宝玉 岳文静	(206)
基于 PSK 调制技术的非合作博弈论功率控制研究	裴 涛 李 飞	(213)
认知无线网络中的一种协作分集机制	刘晓雪 郑宝玉 季 薇	(221)
一种可以减少感知时间的频谱感知方法	张 培 孟庆民 朱卫平	(228)
基于协作通信的认知无线电中继有效位置分析	苏胤杰 蒋铃鸽 何 晨	(233)
一种基于 OFDM 的频谱感知与数据传输设计	孙士秀 朱卫平 孟庆民	(241)
认知无线电 NC-OFDM 系统的子载波分配算法	张国斌 冯穗力	(246)
基于主用户历史行为的认知无线电自适应检测算法	王 玲 彭启琮 周婉婷 魏飞鸣	(255)
基于最大似然准则的认知无线电信道状态估计算法	张迎晓 杨涛 胡 波	(262)

第四部分 信道估计、均衡与编码

MIMO 系统中基于延拓梯度的盲信道估计算法	李 雷 丁大勇	(270)
基于压缩感知的稀疏多径信道估计	魏 浩 郑宝玉 岳文静	(278)
一种基于二维 LUT 的预失真方法	金中悦 侣秀杰 金明录	(285)
基于 FPGA 的 MLSE 均衡算法设计与实现	谭振华 仇洪冰	(291)
串行级联低密度生成矩阵码的译码算法研究	高 冰 别志松 田宝玉	(297)
A Novel Transmit Diversity Scheme Based on CR-QOSTBC and MC-CDMA	GUO Ai-huang LUO Wei SHANG Xiu-hui CAO Wen-jia1	(302)
自适应网络卷积编码	淦 明 李 辉	(312)
基于脏纸编码和时分复用的 MIMO 广播传输方案	李应博 蒋 伟 金 野	(320)
STBC 编码 OFDM 中继链路子载波配对策略研究	柯 峰 冯穗力	(326)

第五部分 数字信号处理及应用

水下潜器垂直运动轨迹跟踪研究	冯 驰 徐 冉	(336)
一种基于神经网络的传播模型自适应分类校正算法	陈思仔 许文俊 田宝玉 贺志强	(343)
一种改进的基于可变加载的鲁棒波束形成算法	张海滨 曲 强 金明录	(350)
一种基于孤立点检测的欠定盲辨识方法	巩 俊 马晓红	(357)
一种迭代估计的混沌信号消噪算法	李 辉	(364)
一种基于解相关的变步长归一化 LMS 算法	李 婧 李建华	(370)

一种去除低能量点的混合矩阵估计方法.....甄 会 马晓红 (375)

奇异值分解与非负矩阵分解色在数据降维方面的特性分析
.....徐利民 龚 珊 余再军 (381)

A Research of Evaluating the EMC Performance in Vehicular Communication System Based on FAHP Method.....Tan Weikai Zhao Wenhui Guo Aihuang (388)

第六部分 雷达信号处理

一种分布式雷达系统的目标定位算法.....潘金铃 王建卫 (396)

调制滤波器在子带脉冲压缩中的应用研究.....罗 林 杨文军 邓振淼 (403)

飞机 RCS 数据的统计建模分析.....栾壹侠 杨正龙 李大圣 (410)

相控阵雷达采样周期自适应调整算法研究.....任 瑞 王荫槐 (416)

步进频信号在数字阵列雷达中的应用分析.....黄晓光 刘炳奇 (422)

基于 Cell 多核的 SAR 成像并行处理技术的研究.....吴茂林 金林 孙俊 于俊朋 (428)

多假设跟踪方法的应用研究.....于连庆 张煜婕 陈华础 (436)

基于复小波变换和 PCA 的雷达包络特征分析.....党同心 沈伟 黄洁 (442)

Ensemble Learning and Optimizing KNN Method for SAR Target Recognition
.....Bo Qian, Shengli Wang, Weimin Wang, Li Yu (448)

一种基于匹配傅里叶变换的相参积累算法.....陈 翼 王盛利 (456)

第七部分 语音信号处理

基于最小均方误差幅度谱的耳语音增强算法.....邵怀宗 卢志恒 彭启琮 (464)

基于高斯混合模型的说话人识别技术.....周翠梅 陈 喆 (469)

..... (469)

改善 G.722.2 丢帧隐藏性能的宽带独立编码算法设计
.....李拟珺 王仕奎 孙明 吴镇扬 (475)

基于多级延时和嵌套全通滤波的联合混响模型.....张 磊 陈 喆 (481)

AMR-WB 到 AMR 语音编码转码算法及实现
.....汤 捷 王仕奎 孙 明 吴镇扬 (488)

一种改进的数字参数均衡器设计方法.....王喜明 殷福亮 (495)

基于约束高斯混合模型的噪声功率谱估计.....应冬文 颜永红 付 强 国雁萌 (499)

语音清浊音 LSF 参数量化方法研究.....方腾龙 赵晓群 韩笑蕾 (506)

结合激励信息和 PHAT 加权的时延估计方法.....赵小燕 吴镇扬 (514)

基于小波树结构的语音信号压缩感知恢复算法.....杜安丽 王 茜 余 磊 孙 洪 (520)

基于 Benford 定律的音频重量化检测方法.....柳永娟 马晓红 (525)

基于主动感知的音视频联合说话人跟踪方法.....金乃高 侯 刚 王学辉 李非墨 (531)

基于 DirectShow 的媒体播放器的开发.....葛淑勤 陈 喆 (537)

一种音频信号剪切与粘贴的检测方法.....	朱妹丽	马晓红 (543)
一种数字压限器的设计与实现	王天宝	殷福亮 (549)

第八部分 图像信号处理

亮点、颜色和梯度结合的阴影消除算法.....	陈 锡	陈 喆 (556)
一种新的指纹图像合成分割法	李茶茶	李 飞 (562)
基于双目视觉的目标检测与跟踪系统.....	朱宗磊	殷福亮 (566)
基于视频虚拟线圈的城市道路车流量检测	白 涛	朱秀昌 (571)
H.264 视频解码过滤器的设计与实现.....	李闪闪	王洪玉 (579)
基于 CS 的图像超分辨率重建	顾 莹	朱秀昌 (587)
一种改进的多视点视频编码预测结构.....	刘华杰	陈 喆 (595)
基于背景差分的背景建模算法	于立男	殷福亮 (601)
一种高速高保真 H.264 编码器的设计.....	赵胜葵 王德君 王青鹏	杨 波 (607)
基于移动最小二乘算法的人脸美化技术.....	赵 萍	陈 喆 (614)
一种改进的 H.264/AVC 模式选择快速算法.....	陈立华	李建华 (621)
一种用于手势识别系统的指尖检测的方法.....	杨 青	陈 喆 (627)
基于薄板样条算法的人脸变形技术	陈秋燕	殷福亮 (632)

第九部分 DSP 及应用

802.16e 系统 MAC 层切换的软件设计和 ARM 实现.....	肖博仁	谢显中 (638)
基于 ARM Cortex-A9 平台的 G.729AB 语音编解码器的实现	辛 静	殷福亮 (649)
基于 Avalon 接口的交织编码技术的 FPGA 实现	鲁 艳 雷维嘉	谢显中 (655)
基于 TMS320DM365 的无线视频传输系统.....	李家清	刘 峰 (664)
基于 Tilera 多核处理器的 AMR 语音编解码器的实现	盖晓东	殷福亮 (671)
基于 IEEE802.16m 的 OFDM 频偏估计算法及 DSP 实现.....	方 绍	谢显中 (676)
一种实用简洁的红外目标检测方法及其实时实现	何锡君 陈华础	孟晋丽 (683)
基于 ARM 的多协议转换系统及其路由设计	曾翠荣 李 斌	余曼桂 (689)
基于 Android 平台的校园街景的研究和实现	金 洁	张 琳 (697)
基于 TMS320DM355 的红外遥控 OSD 图形界面管理系统的设计与实现	李东风	刘 峰 (703)
车载通信系统电磁兼容评估与检测技术分析	赵文晖 李广宇	郭爱煌 (711)
基于 PIC 的 USB 通信板的研究与实现.....	王靖宇 李素梅	汪 清 (716)
鲜奶中污染菌电子检测仪的设计和制作.....	邓孟楠 卢智远 吴兴旺	莫浩章 (724)

第一部分

新一代网络与网络新技术

WMSN 中基于压缩感知的 VSQI 压缩反馈

陈守宁 郑宝玉 吉晓东

(南京邮电大学通信与信息工程学院, 江苏 南京 210003)

摘要: 为了解决无线多媒体传感器网络 (WMSN) 中的能耗、带宽以及 QoS 保障问题, 受宽带无线通信中压缩反馈技术的启发, 将信息反馈技术应用到 WMSN 中, 目的是将分布在不同地理位置上的传感器节点的视频流质量指标 (Video Stream Quality Index, VSQI) 通过控制信道反馈给汇聚节点, 为汇聚节点进行协作节点的选择提供支持。根据人类视觉特征和视频内容, 提出了一种用于视频流质量估计的方法, 据此综合考虑 VSQI 信号的设计。由于 WMSN 中传输的数据主要是音频和视频流等多媒体数据而且传感器节点数众多而导致产生巨大的信息反馈量, 为此对压缩感知 (Compressed/Compressive Sensing, CS) 理论应用到 VSQI 压缩反馈中进行了研究, 寻找并验证了与所处理的 VSQI 信号相关的随机测量矩阵与重建准则, 仿真实验结果证明基于压缩感知的压缩反馈方法可以降低感知节点端处理复杂度、增强反馈压缩程度。

关键词: 信息处理技术; 压缩反馈; 压缩感知; 无线多媒体传感器网络; 视频流质量指标

Compressed Sensing Based Compressive feedback for Video Stream Quality Index in WMSN

CHEN Shou-ning, ZHENG Bao-yu, JI Xiao-dong

(College of Telecommunications & Information Engineering, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: In order to solve the problems of energy consumption, bandwidth and QoS in Wireless Multimedia Sensor Network (WMSN), with inspiration of compression feedback technology in broadband wireless communication, the paper make use of the information feedback technology into WMSN, aiming to feed the Video Stream Quality Index (VSQI) from geographically distributed sensor nodes back to sink node through the control channel for support on the selection of collaboration node of sink node. According to human visual characteristics and video content, a video streaming quality estimation method is proposed. On the basis of that, the design of VSQI signal is considered. Because the data transmitting in WMSN is mainly about audio and video streaming and numerous sensor nodes of WMSN results in large quantity of feedback information, Compressed Sensing (CS) theory applied to VSQI compression feedback is studied. The random

measurement matrix associated with VSQI signal, and reconstruction guidelines is found. It proves that CS based Compressive feedback method can reduce the processing complexity of sensing node side and enhance the degree of compression from the simulation results.

Key words: Information Processing Technology; Compressive feedback; Compressed Sensing; Wireless Multimedia Sensor Network (WMSN); Video Stream Quality Index (VSQI)

1 引言

在当今信息技术飞速发展的时代，微电子技术、传感技术和无线通信技术等推动了无线传感器网络（Wireless Sensor Network, WSN）的快速发展，并在许多领域中引起了广泛关注，与塑料电子学、人体仿生器官共同被誉为全球未来三大高科技产业。

无线多媒体传感器网络（Wireless Multimedia Sensor Network, WMSN）是无线传感器网络的引申，它是由一组具有感知、计算和通信能力的多媒体传感器节点组成的分布式传感器网络。它通过节点上多媒体传感器采集周边环境的多种媒体信息（图像、音频、视频等），通过多跳方式将数据汇集到汇聚节点，实现全面、有效的对感知对象的处理。

如图 1 所示，一个典型的多媒体传感器网络系统通常由多媒体传感器节点（multimedia sensor）、汇聚节点（sink node）、管理节点（manage node）等构成。大量的多媒体传感器节点散布在指定的感知区域内，通过自组织方式构成网络，其采集的数据沿着其他多媒体传感器节点逐跳进行传输，经过多跳路由至汇聚节点，最后通过其他外部网络到达管理节点。管理节点是负责对传感器网络进行配置和管理，完成相应功能以及处理感知数据^[1]。

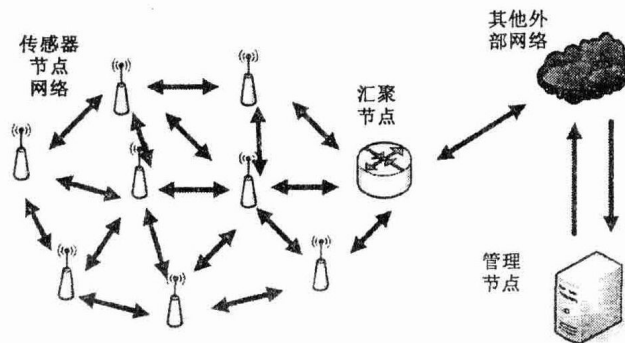


图 1 多媒体传感器网络结构示意图

多媒体无线传感器网络集成了感知、控制以及无线通信的网络系统，节点数目庞大，节点分布密集；节点由于受环境影响和能量限制容易出现故障；环境干扰和节点故障易造成网络拓扑结构的变化。另外，传感器节点具有的能量、处理能力、存储能力和通信能力都是十分有限^[2]。无线多媒体传感器网络是一种新型的信息获取和处理技术。与传统的传感器网络技术相比，它更多地关注于音频、视频、图像等大数据量、大信息量媒体信息的采集、处理与传输。从而需要消耗更多的资源，如：带宽，能耗等。实际上，考虑到无线传感器的诸多限制，在能耗、带宽受限和满足一定 QoS 要求条件下，实现信息量巨大的多媒体数据编码、处理以及传输是实现 WMSN 应用以及发展的关键。

在无线多媒体传感器网络的信息收集过程中, 相邻节点采集的信息往往存在冗余, 各个节点单独传输数据会浪费通信带宽; 同时, 大量数据的传输会使整个网络消耗过多的能量, 降低网络使用寿命; 此外, 多节点同时传送数据所引起的频繁冲突碰撞还会造成网络拥塞, 降低通信效率, 影响信息获得时效。在这里, 解决这些问题运用到一种数据融合的思想, 其基本思想是: 在从各节点收集数据地过程中, 利用节点本地地计算和存储能力处理数据, 去除冗余数据, 尽量减小数据传输量; 同时将来自不同节点的多份数据结合起来, 提取或综合出较单个节点数据采集更为有效、准确的数据信息, 最终达到精确感知目标信号, 降低能耗, 延长网络生命期的目的^{[3][4]}。

考虑到 WMSN 中感知节点数众多, 处于相邻位置的不同节点采集到相同信源信息的概率会很高。因此, 利用数据融合思想, 对于同一目标信源而言, 我们可以选择一个或几个质量较好的数据源来发送, 这样将在本质上提高视频信息的质量。为了实现视频信息的选择, 我们采用视频流质量指标 (Video Streaming Quality Index, VSQI) 作为选择的依据。为了解决 WMSN 中的能耗、带宽以及 QoS 保障问题, 受宽带无线通信中压缩反馈技术的启发, 本文将信息反馈技术应用到 WMSN 中, 目的是将分布在不同地理位置上的传感器节点的 VSQI 通过控制信道反馈给汇聚节点, 为汇聚节点进行协作节点的选择提供支持, 并且为汇聚节点的解码和多媒体信息的恢复提供边信息。总之, 采用信息反馈技术的宗旨是在为 WMSN 中多媒体数据流的高效传输和多媒体信号的优质恢复提供技术支持。

VSQI 作为一种评价视频质量的指标, 受诸多因素影响。考虑到无线多媒体传感器网络的特点和现实约束, 人类视觉对视频感知的特性及和所传输视频自身特性。本文特别提出了一种相对简单而有效且处于用户等级的视频质量评价方法, 并据此来设计 VSQI 信号来作为选择优质的信号源的目标的标准。

在 WMSN 中进行信息反馈, 首先要考虑到反馈信息量的问题。由于 WMSN 中传感器节点数众多, 必然导致巨大的反馈信息。此外, 受传感器成本、体积及功耗的限制, 其处理能力、内存空间相对较弱。考虑到传统压缩反馈技术的特点, 应用到 WMSN 中存在一定困难, 为探寻一种能适用到 WMSN 中的 VSQI 信号压缩反馈技术, 本文提出将应用数学和信号处理领域研究的最新进展——压缩感知 (Compressed/Compressive Sensing, CS) 技术, 旨在探索进一步降低节点的反馈量和终端节点处理复杂度以及对信道环境变化适应性强的压缩反馈新方法。

本文结构安排如下: 第 2 节对压缩感知这种技术进行综合性地阐述; 第 3 节根据 WMSN 自身的特点和限制, 提出了一种适用的 VSQI 估计算法, 且设计了实验和验证实验对此算法提供相应数据支持; 第 4 节针对 WMSN 中 VSQI 信号进行稀疏表示, 寻找适应的随机测量矩阵, 选择实用的恢复算法, 并在理想反馈和系统信道估计存在差错的情况下对基于 CS 的 VSQI 压缩反馈的进行性能分析研究。

2 压缩感知概述

传统的信号获取和处理过程主要包括采样、压缩、传输和解压缩四个部分, 如图 2 所示。在采样过程必须满足奈奎斯特采样定律, $f_s \geq 2f_{max}$, 即采样频率不能低于模拟信号频谱中最高频率的 2 倍。在信号压缩过程中, 常用方法是先对信号进行离散余弦变换或其它某种变换等,

然后对一部分绝对值较大的系数进行压缩编码, 舍弃剩余零或近似于零的系数, 这样可以舍弃采样获得的大部分数据, 但对感知效果影响很小。最后通过与压缩算法相应的解压缩算法对原始信号进行重构。

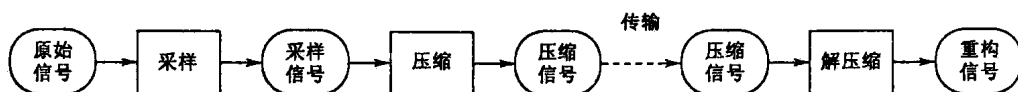


图2 传统的信息获取及处理流程

而压缩感知核心思想是将压缩与采样合并进行, 首先采集信号的非自适应线性投影(测量值), 然后根据相应重构算法由测量值重构原始信号。压缩感知的优点在于信号的投影测量数据量远远小于传统采样方法所获的数据量, 并且突破了香农采样定理的限制。压缩感知理论框架如图3所示^{[5][6]}。

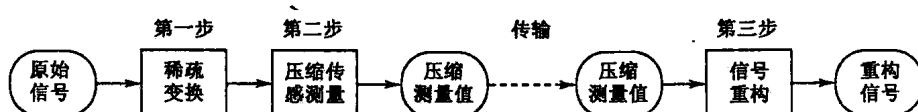


图3 压缩感知理论框架

压缩感知理论主要包括信号的稀疏表示、编码测量和信号重构算法三个方面。信号的稀疏表示就是将信号投影到正交变换基时, 绝大部分变换系数的绝对值为零或近似为零, 所得到的变换向量是稀疏或者近似稀疏的。这是压缩感知的先验条件, 即信号必须可以稀疏表示。通常变换基可以根据信号本身的特点灵活选取, 常用的有离散余弦变换基、快速傅里叶变换基、离散小波变换基等。在编码测量中, 首先选择稳定的投影矩阵, 投影矩阵必须满足约束等距 (Restricted isometry property, RIP) 条件, 目的是为了确保信号的线性投影能够保持信号的原始结构, 再通过原始信号与测量矩阵的乘积获得原始信号的线性投影测量。最后, 运用重构算法由测量值及投影矩阵重构出原始信号。信号重构过程一般转换为一个最小 l_0 范数的优化问题, 求解方法主要有最小 l_1 范数法、匹配追踪系列算法等^{[7][8]}。

3 VSQI 信号构建及相关实验分析

视频图像是承载人眼感受信息的特殊数据, 如果采用一般数据差异的计算方式表达劣化值势必与主观结果相偏离。所以研究视频质量的基础是人眼的主要视觉特性, 而且用户的对视频感知的心理因素也是需要在此加以考虑。质量评估是与人类感知机制是紧密联系在一起。所感知视频的质量不仅是依赖于绝对技术质量, 还取决于其它影响因素, 例如视频内容。比如讲, 在观看足球比赛时, 对于观看者来讲最重要的是能够清楚地跟踪足球的位置; 在观看新闻视频时, 对于观看者来讲主播的特点是最重要的, 也可以说观看者需要清楚辨识的主播的面部表情^{[9][10]}。

在视频质量估计方面, 前人已提出了若干种方法。这些方法可以分成两个方向: 主观视频质量估计方法和客观视频质量估计方法。视频图像的主观评价就是通过人来观察图像, 对图像的优劣做主观评定, 然后对评分进行统计平均, 得出评价的结果。这时评价出的视频图

像质量与观察者的特性及观察条件等因素有关。在视频图像质量的主观评价方法中又分 5 级评分的质量尺度和妨碍尺度两种评价计分方法, 如表 1 所示。它是由观察者根据自己的经验, 对被评价图像作出质量判断。

表 1 两种尺度的图像 5 级评分

妨碍尺度	得分	质量尺度
无觉察	5	非常好
刚觉察	4	好
觉察但不讨厌	3	一般
讨厌	2	差
难以观看	1	非常差

在多媒体传输节点计算处理能力简单和功率受限的基础上, 本节提出的质量估计方法不考虑原始(非压缩的)视频, 这样可以降低其复杂性。因此, 本节接下来所研究的是一种客观的而且足以在实时传输端进行简单计算的视频流质量估计指标(VSQI), 适用于评估多媒体传感器网络中低分辨率、低比特率的视频流质量。VSQI 是以视频质量主观测试为基础, 组织测试人员对样本视频进行主观平均意见评分(Mean Opinion Score, MOS), 提出一个视频质量经验模型, 通过多元非线性回归获得此模型具体系数, 再组织相应的验证性实验来证明此实验模型客观有效, 具有实际参考价值。

根据前文所提到的视频内容对用户所产生的不同的主观性影响, 本文定义了三种最常见的内容类别, 如图 4 所示, 同时这也符合多媒体传感器网络对外部环境所要处理的视频流内容类别。根据这三类视频的差别, 视频样本也要分成三类以供测试人员评分, 经验模型可用同一模型, 但所对应的系数应有所不同, 最后实验的结果也证实了这一论证。

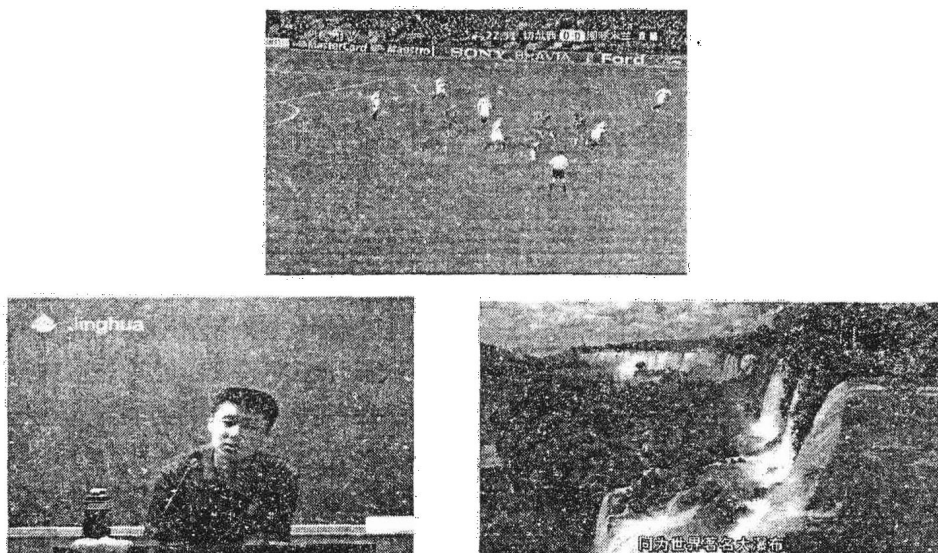


图 4 三种主要内容类别视频截图

常用于视频流的分辨率有的四分之一通用中间格式(QCIF, 176×144 像素), 通用中间模式(GIF, 352×288 像素)和标准交换格式(SIF, 320×240 像素)。用于本次实验的视频

本次实验选择分辨率为 SIF，每一个视频时长定位 30 秒，采用视频编码标准 H.264/AVC 进行编码。

由于传感器节点的处理能力的限制，实验选用的变量必须是可以支持低复杂性的客观参数。为了尽可能地保持低复杂性，最合适的参数就是已经提供的帧速率（FR）和比特率（BR）。这两个参数是编解码器的压缩设置，且在视频流开始期间即以记号化，为发端和收端所知，可以免除复杂的计算。从经验上来讲，视频每秒承载的数据量是对视频图像质量影响的重要因素之一，后续数据分析中也证明了这两个参数在所研究的数据集中所起到的关键性影响。

本文所选用的每一种内容类别的视频均截选自同一节目的，意图避免不同的节目对测试人员所造成的不同观看情绪上的影响。每一段视频持续 30 秒，帧速率和比特率分别设定为 5,10,12,15,25 (fps)和 32,48,56,64,80,96,128,160,192,256,320 (kbit/s)，它们两两组合，共有 55 种组合，并进行相应编号。即每一种内容类别的供测试人员观看的视频样品有 55 段，如表 2 所示。

为了获得平均意见得分，实验组织了 40 名测试人员对分别同一内容类别不同节目的测试视频进行测试评分。第一组为测试组，由 30 名测试人员组成，主要工作内容是通过测试人员对不同参数的视频的评分进行 VSQI 的设计，得到相关模型的构成参数。第二组为验证组，由 10 名测试人员组成，任务是对上一组实验得出的模型组织验证性实验，主要是对所设计的 VSQI 进行性能评估。参与实验的 40 名测试人员年龄不同（分布在 20-30 岁之间），性别不同，在图像信息方面有不同的教育背景，其中主要人员是由作者同学，实习工作同事，青年教师构成。

表 2 测试视频样本参数选择组合

组合序号	FR(fps)	BR(kbit/s)
1	5	32
2	5	48
3	5	56
...	...	...
11	5	320
12	10	32
...	...	...
55	25	320

实验采用了绝对种类定级（Absolute Category Rating，ACR）这种主观类测量方法来更好的模拟现实网络中视频流情况，在实验中没有将原始序列作为参考，也不会对评分结果造成更高的差异。对测试人员评价视频样本使用的是五级 MOS 模式（1—差，2—较差，3—一般，4—较好，5—好）。并且这些测试条件是符合（ITU-T）建议的。实验安排对某一名测试人员以任意顺序播放视频样本，测试人员对视频分 5 级进行主观感觉评分，5 分是最高分，在播放视频与视频之间保留 30-60 秒之间，避免前后视频对测试人员产生的相应影响,并且保持视频显示器亮度和对比度保持一致来避免观看设备参数差异对测试人员造成主观上对视频样本质量的评分不同。

实验对于每一个内容类别所推荐的低复杂性指标是基于两个客观参数（BR 和 FR），那