

## 附件 2

项目名称	新型智慧城市建设方案之一——基于压缩感知理论的视频压缩与高精度重建方法研究
项目类别	<input type="checkbox"/> C类 <input checked="" type="checkbox"/> D类
技术领域	<input checked="" type="checkbox"/> 信息 <input type="checkbox"/> 环保 <input type="checkbox"/> 健康 <input type="checkbox"/> 旅游 <input type="checkbox"/> 时尚 <input type="checkbox"/> 金融 <input type="checkbox"/> 高端装备制造 <input type="checkbox"/> 文化 <input type="checkbox"/> 海洋经济 <input type="checkbox"/> 生物技术 <input type="checkbox"/> 新能源 <input type="checkbox"/> 新材料 <input type="checkbox"/> 其他
所在平台	<input type="checkbox"/> 省级留学人员创业园： _____ <input type="checkbox"/> 省重点企业研究院： _____ <input type="checkbox"/> 省级产业集聚区： _____ <input checked="" type="checkbox"/> 其他
是否回国来浙从事博士后研究工作	<input checked="" type="checkbox"/> 是，海外博士授予学校： <u>比利时蒙斯大学</u> 回国时间： <u>2016.10</u> 博士后编号： <u>183746</u>
	<input type="checkbox"/> 否

# 浙江省“钱江人才计划”C、D类 项目申请表

姓 名 岑恣

单 位 浙江大学

部门（地区） 光电科学与工程学院

浙江省人力资源和社会保障厅

# 填 表 说 明

1、技术领域：请在以下相应产业领域栏目打“√”：信息、健康、环保、旅游、时尚、金融、高端装备制造、文化、海洋经济、生物技术、新能源、新材料；不属上述产业领域的，请在“其他”栏打“√”。

2. 所在平台：若项目属省级留学人员创业园、省重点企业研究院、省级产业集聚区的，请在相应栏打“√”，并填写相应名称。不属于上述内容的，请在“其他”栏打“√”。

3、是否回国来浙从事博士后研究工作：在“是”或“否”前打“√”，若是的，填写相应栏目。

4、表内各栏目填写内容的起讫时间均为最近5年，2017年申请的，各栏目起讫时间为2012年1月至今。

## 一、申请人基本信息

姓 名	岑恣	工作单位	浙江大学		
职 务	博士后	从事专业	光学工程		
联系地址	杭州市浙大路 38 号浙江大学玉泉校区第三教学大楼		邮 编	310027	
单位电话	0571-87951182	手 机	15068807839	E-mail	minc@zju.edu.cn
留学国别	瑞典、比利时	出国时间	2009.08	回国时间	2016.10
留学机构名称	瑞典皇家理工学院（硕士），比利时蒙斯大学（博士）				
留学性质	<input type="checkbox"/> 公派 <input checked="" type="checkbox"/> 自费	学习性质	<input type="checkbox"/> 大学 <input checked="" type="checkbox"/> 硕士 <input checked="" type="checkbox"/> 博士 <input type="checkbox"/> 博士后 <input type="checkbox"/> 普访 <input type="checkbox"/> 高访 <input type="checkbox"/> 其他_____		
主要学习工作经历	<p>学习经历</p> <p>2004.08~2008.06, 本科, 浙江大学, 光电信息工程专业</p> <p>2009.08~2011.08, 硕士, 瑞典皇家理工学院, 光电子专业</p> <p>2011.10~2016.08, 博士, 比利时蒙斯大学, 光通信专业</p> <p>工作经历</p> <p>2010.08~2011.04, 瑞典爱立信研发中心, 实习</p> <p>2016.12 至今, 浙江大学, 博士后</p>				
从事专业工作情况	<p>（概述本人的专业研究领域、方向和主要业绩）</p> <p>项目申请人 2016 年在比利时蒙斯大学取得博士学位, 从事光纤传感与光纤通信的研究, 在光纤通信系统建模和传输机制探索方面有丰富的理论和实验经验, 博士期间共发表（接收）第一作者 JCR 二区期刊论文 4 篇; 美国授权专利 1 项; 以及第一作者国际会议论文 8 篇（包括两个特邀报告）。博士期间, 申请人基于 transmission reflection analysis –TRA 技术, 提出设计并成功验证了两种新型的分布式光纤传感方案, 相关论文发表在光学主流期刊 <i>Optics Express</i> 上(<i>Optics Express</i> 22(25): 31248-31262, <i>Optics Express</i> 22(8): 9839-9853)。在上述工作的基础上, 申请人提出并实现了两种满足新一代无源光网络 (NG-PON2) 长距离, 高带宽, 波分时分复用兼容 (TWDM) 特点的物理层检测系统。相关结果发表在 <i>IEEE JLT</i> (已被接收) 和 <i>Optics Express</i> 24(14): 15782-15797 上, 并且在国际著名光学会议 OFC 和 ECOC 上做了专题报告。在 2015 年 11 月召开的亚太光通信会议 (ACP) 上, 申请人的相关工作被评为<b>最佳学生论文奖</b>。此外, 申请人在 2016 年 12 月还获得由国家留学基金委颁发的<b>国家优秀自费留学生奖学金</b>。申请人博士毕业后进入浙江大学现代光学仪器国家重点实验室, 继续从事光通信、光学工程方向的研究, 并与原博士课题组（比利时蒙斯大学光纤通讯研究小组）保持紧密的联系, 参与相关项目。</p>				

## 二、五年来主要成果

1、参与过的主要项目				
项目名称	起止时间	项目性质和来源	经费总额	参与人数、本人排名和任务
基于N×NAWG的波分复用无缘光网络物理层监测系统	2010.08~2011.04	爱立信研发项目		两人参与, 排名第一, 任务: 调研、设计与仿真
新一代光接入网监控系统解决方案	2011.10~2016.08	博士课题		任务: 调研、设计、仿真与实验验证
2、代表性论文、著作 (不超过 20 项)				
论文、著作名称	发表/出版时间	发表/出版载体	论文索引情况	本人排名
Localization and quantification of reflective events along an optical fiber using a bi-directional TRA technique	2014.04	OSA, Optics Express	2	1
Multi-wavelength transmission-reflection analysis for fiber monitoring	2014.12	OSA, Optics Express	1	1
Full monitoring for long-reach TWDM passive optical networks	2016.07	OSA, Optics Express	0	1
Advanced Fault Monitoring Scheme for Ring based Long-Reach Optical Access Networks	已接收	IEEE, Journal of Lightwave Technology	0	1
沉积速率和氧分压对 HfO <sub>2</sub> 薄膜残余应力的影响	2009.10	物理学报	4	1
(特邀报告) Full Monitoring for Long-Reach TWDM Passive Optical Networks based on TRA technique	2016.07	OSA, IEEE, International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON 2016)		1
(特邀报告) Advanced Transmission-Reflection-Analysis (TRA) System for Long-Reach Passive Optical Network Monitoring	2015.07	IEEE, International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON 2016)		1
(最佳学生论文奖) A Full Monitoring Scheme for Long-reach TWDM PONs	2015.11	OSA, IEEE, Asia Communications and Photonics Conference (ACP 2015)		1
Efficient Monitoring for Ring-based Long-Reach Passive Optical Networks	2015.03	OSA, OFC 2015		
Fast and Simple Fault Monitoring for Long-reach Passive Optical Networks	2014.09	IEEE, ECOC2014		1

Dark Fiber Monitoring System for Ring-and-Spur Long-Reach Passive Optical Networks	2014.08	IEEE, Progress In Electromagnetics Research Symposium PIERS 2014		1
(特邀报告) Rayleigh-based characterization techniques for the monitoring of passive optical access networks (PONs)	2013.11	OSA, IEEE, Asia Communications and Photonics Conference (ACP 2013)		2
Localization and Quantification of Reflective Events along An Optical Fiber Using A Two-Wavelength TRA	2013.11	Symposium IEEE Photonics Benelux Chapter 2013		1
<b>3、专利</b>				
专利名称	专利类别	批准时间	授权国家	是否投产
Supervision of wavelength division multiplexed optical networks		2015.04	美国	否

4、产品（如有产品，说明目前的产业化程度）

5、其他（包括获得的重要奖项、在国际学术会议做重要报告等情况）

重要奖项：

2016.12	国家优秀自费留学生奖学金	国家留学基金委 (top 1%)
2015.11	ACP 2015 最佳学生论文及报告奖	IEEE光电子学会 (top 1%)
2013.10-2016.10	Le Fonds de la Recherche Scientifique (FNRS)	比利时政府奖学金 (top 5%)
2009.09	复旦大学优秀学生奖学金	复旦大学 (top 3%)
2005.09-2007.09	浙江大学优秀学生奖学金	浙江大学 (top 7%)
2008.06	浙江大学优秀毕业论文	浙江大学 (top 5%)
2006.09	浙江省微积分竞赛二等奖	浙江大学 (top 2%)

国际会议报告：

时间	会议名称	是否报告主讲人
2016. 07	ICTON 2016 (特邀报告)	是
2015. 11	ACP 2015	是
2015. 07	ICTON 2015 (特邀报告)	是
2015. 03	OFC 2015	是
2014. 08	PIERS 2014	是
2013. 11	Symposium IEEE Photonics Benelux Chapter 2013	是

其他：

申请人于 2016 年 3 月当选为 IEEE 光电子学会（荷兰，比利时，卢森堡地区）学生委员会主席

### 三、项目可行性说明

#### 1、立项背景（说明项目意义、国内外研究现状和发展趋势）。

在城市信息化浪潮与数据科学迅猛发展的共同推动下，智慧城市开始在全球范围内成为未来城市发展的新方向，其旨在利用先进的信息技术（如物联网、云计算等），实现城市智慧式管理和运行。随着我国智慧城市概念的普及，平安城市的建设已从狭义的社会治安信息化建设逐渐过渡到智能交通，消防服务，环境保护，应急指挥和决策等内容为一体的智慧城市安全建设<sup>[1]</sup>。在2015年北京召开的中央城市工作会议上，“加强城市公共管理、着力打造智慧城市，把安全工作落实到城市工作和城市发展的各个领域各个细节”被共同列为我国城市工作的指导思想和发展理念。同年印发的《促进大数据发展行动纲要》更是指出：要用信息化大数据系统“提高公共安全保障能力，维护国家安全和社会安定”。由此，在我国已明确将智慧城市和大数据提到国家层面的战略高度的大背景下，基于“大数据”的智慧城市安全时代正逐步到来<sup>[2]</sup>。

智慧城市大数据可视化系统，能够将城市运行核心系统的各项关键数据进行可视化呈现（如视频，图像等），在智慧城市的安全建设中发挥着愈发重要的作用，主要体现在以下三个方面<sup>[3]</sup>：

1. 安防领域。利用基于各类安防监控系统的大量数据，同时利用大数据等信息技术，可大大提升公安机关的办事效率。
2. 交通安全。通过对监测区域视频进行分析，有助于统计车流量，发现隐患点，使城市交通更加安全。
3. 反恐防暴。通过汇聚商场、车站等公共场所的监控视频和其他安全相关数据进行监测、分析，可能发掘恐怖分子的蛛丝马迹，降低恐怖事件的发生。

随着大数据可视化系统在智慧城市安全建设方面的发展，视频数据量呈指数级增长（2012年的视频数据存储总量约为2.8ZB，2020年数据存储量约为40ZB（1ZB=1亿TB）），这对存储空间、计算能力、数据传输、处理响应速度等都提出了更高的要求，同时也给数据分析和决策制定带来了很大的挑战。由此，如何高效地压缩、重建视频数据是智慧城市建设中一个亟待解决的问题。本项目针对视频信号的高时间分辨率成像需求，基于压缩感知理论，从光学编码曝光采样和高时间分辨率视频重建方法两方面，研究以最小的成像数据量代价获取高时间分辨率图像的方法和技术途径。拟开展基于时空编码压缩采样和自适应快速视频重建方法研究，达到提高成像系统时间分辨率以及减少视频重建计算量的目的。

目前，国内外各类光学采样成像系统均基于奈奎斯特-香农采样理论，它指出采样率必须达到信号带宽的两倍以上才能精确地重构信号。近年来，压缩感知理论已成为国际上的研究热点之一。该理论指出：只要信号是稀疏的或者在某一变换空间是稀疏的、可压缩的，就可以通过远低于奈奎斯特采样定理所规定的采样方式得到信号的压缩表示，并且仍能够精确地重构出原始信号。在该理论框架下，采样速率不取决于信号带宽，而是取决于信息在信号中的结构和内容，其突出优点是**大大减少了采样数据量（理论上可比传统的压缩方式提高20倍以上），节省了存储空间**，无需复杂的数据压缩编码算法及硬件结构。除了节省存储空间，该理论对于数据的压缩还体现在视频信号的获取上，传统视频的压缩过程包括图像获

取与压缩两步，即必需先获取完整的图像，再进行采样压缩，因此对设备转移和处理图像数据的能力有一定要求，特别是当视频的帧频较高时，器件自身的约束更为显著。基于压缩感知理论的超时间分辨图像重建方法则将图像的获取与压缩转变成单一的“感知”过程，**直接获得经过编码曝光后的压缩感知图像**，省略了转移、缓存和处理的过程，**从而大大减少了对器件本身的要求**。

自压缩感知理论提出以来到目前的快十年间，围绕稀疏变换、压缩测量、信号重建以及各领域相关应用的研究迅速发展，在理论和技术上取得了不少突破。在光学成像领域，光学压缩感知成像在针对高空间分辨率、高光谱分辨率技术的研究和硬件系统实现上中取得了较大的进展<sup>[4]</sup>，是国内外的研究热点，国家自然科学基金也已支持了相关研究项目。

基于压缩感知的高光谱分辨率成像利用了光谱图像的谱间冗余性，将成像系统设计为用面阵相机以快照方式将空间和光谱信息编码压缩在一个二维测量图像中，再经过数据重建复原出包含空间和光谱信息的三维数据体。国际上，美国 Duke 大学 D.J. Braby 等人的研究小组在 2006 年就较早地开展了相关研究工作<sup>[5]</sup>，并在随后几年发展迅速，国内外许多研究机构 and 人员在高光谱压缩成像方面取得了卓有成效的进展。国内中科院光电研究院、西安光机所、国防科技大学、西安电子科技大学等单位研究人员也开展了相关研究，取得了丰富的成果。

基于压缩感知的高空间分辨率成像主要是利用成像光路或图像处理中的编码技术，使用较小空间分辨率的光电探测器，经过数据重构得到高于探测器空间分辨能力的高分辨率图像。2008 年美国 Rice 大学研制的“单像素相机”是压缩感知理论在光学成像应用领域的首个实验系统<sup>[6]</sup>，能够从单像素光子探测器的成像结果中重建出二维图像信息。随后，围绕着高空间分辨率重建，国内清华大学、北京理工大学、西安电子科大、国防科技大学、浙江大学等单位也开展了广泛和深入的研究，取得了大量的研究成果。

在基于压缩感知的高时间分辨率成像方面（主要针对视频信号），国际上相关研究工作尚处于起步阶段，国内还几乎没有相关研究工作的公开报道。

在高时间分辨率成像重建方法，已有一些研究，但传统的技术途径并不是基于压缩感知理论的，而主要是基于图像融合原理。主要有以下两类方法：一是利用一台高分辨率低帧频相机以及一台低分辨率高帧频相机同时对同一场景成像，通过数据融合，得到高分辨率高帧频图像；二是利用多台高分辨率相机，以错开曝光时间的方式对同一场景成像，利用多台相机的数据重构出高帧频图像<sup>[7]</sup>。这些方法都较为复杂，在应用上存在一定的局限性。

在 2014 年 12 月，华盛顿大学的 Lin Gao、Jinyang Liang 等人在基于压缩感知的高时间分辨率光学成像应用方面，取得了重要的突破。该团队成功构建了一种基于压缩感知理论实现的快照式千亿帧频相机（如图 1 所示），研究工作报道于当月的《Nature》杂志上<sup>[8]</sup>。该相机方案的主要特点是利用数字微镜阵列器件对场景进行像素编码调制（如图 2 所示），编码图像经过条纹相机的光电场转换在偏转电压的作用下，实现一次曝光时间内多个细分时间片段的编码和叠加，由此实现了二维快照式千亿帧频成像。

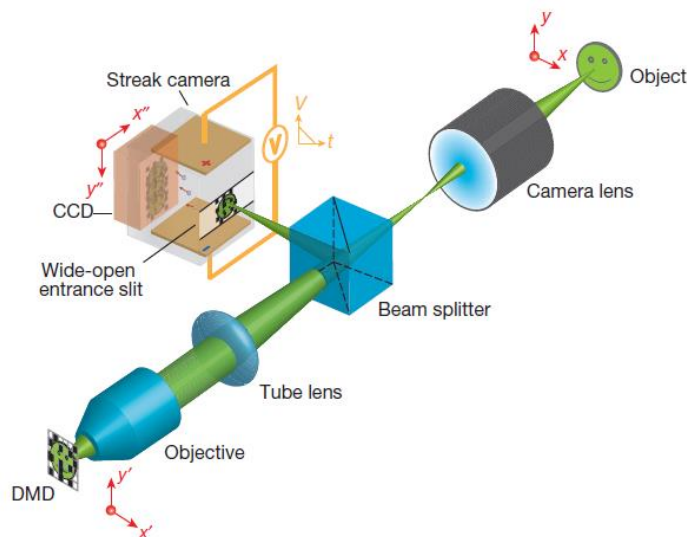


图 1 快照式千亿帧频相机原理图

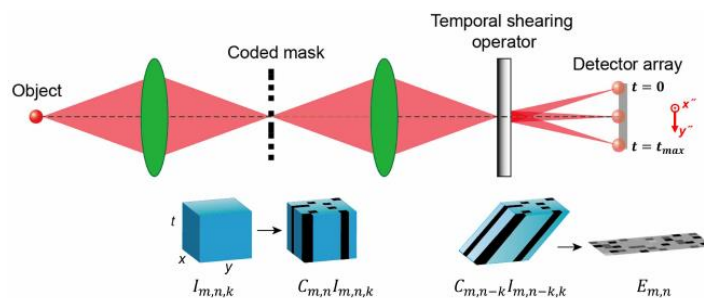


图 2 光学像素编码采样原理图

本项目在综合分析和研究国内外相关工作的基础上，提出开展基于压缩感知的高时间分辨率光学成像与自适应快速视频重建方法研究，研究通过在光学成像过程中进行时空像素编码采样，再重建出高时间分辨率视频；研究时空像素编码优化设计方法、自适应快速视频重建算法等，并进行验证实验。项目的顺利开展可以直接获取压缩图像，大大节省存储空间（可达 20 倍以上），对于推进智慧城市的发展具有重要意义。

参考文献：

1. 甄峰, 秦萧. 大数据在智慧城市研究与规划中的应用, 国际城市规划, 2014, 29(6):44-50.
2. 董袁泉. 大数据在智慧城市建设中的运用, 科技视界, 2015(31):229-230.
3. 安达, 梁智昊, 许守任. 基于大数据的智慧城市安全建设研究, 中国电子科学研究院学报, 2016, 11(3):229-232.
4. R.M. Willett, R.F. Marcia, J.M. Nichols, Compressed sensing for practical optical imaging systems: a tutorial, Optical Engineering, 2011, 50(7): 072601.
5. M.E. Gehm, R. John, D.J. Brady, R.M. Willett, T.J. Schulz, Single-shot compressive spectral imaging with a dual-disperser architecture. Optics Express, 2007. 15(21): 14013-14027.
6. M. Duarte, M. Davenport, D. Takhar, J. Laska, T. Sun, K. Kelly, R. Baraniuk, Single-pixel imaging via compressive sampling. Signal Processing Magazine, IEEE, 2008. 25(2): 83-91.
7. A. Agrawal, M. Gupta, A. Veeraraghavan, S. Narasimhan, Optimal Coded Sampling for Temporal Super-Resolution, 2010 IEEE CONFERENCE ON COMPUTER VISION AND PATTERN RECOGNITION (CVPR), 2010, 599-606.
8. L. Gao, J. Liang, C. Li, L.V. Wang, Single-shot compressed ultrafast photography at one hundred billion frames per second, Nature, 2014, 516: 74-77.



2、主要内容和预期成果（说明研究开发的主要内容，技术关键（难点）以及最终成果形式和对经济社会发展产生的效益）。

### 主要研究内容

视频信号压缩是一个相对成熟的研究领域，常用的有基于图像块运动补偿的方法（MPEG-1），基于单像素光流的方法（H.265）等，然而传统视频压缩始终存在着“鸡-鸡蛋”的问题，即我们可以从高质量的视频图像中精确估计出运动场，但我们又首先需要精确的运动场才能获得高质量的视频图像。因此传统视频信号压缩问题都是先获得高质量图像，再估计运动场用于信号压缩，这种方式仅能解决信号的储存和传输问题，而无法直接获取压缩图像。

基于压缩感知的视频重建方法则将采样压缩两个过程转化为“感知”过程，在获取图像的同时压缩图像，对于探测器自身处理能力受限的情况有着重要意义。基于压缩感知的视频重建方法又被称为超时间分辨成像或时间复用相机（TMC），常用于打破空间分辨率和时间分辨率间的制约，由低帧频视频获得高帧频视频，近年来人们从重建方法、图像编码等方面进行了深入研究。影响该方法应用的最大问题是视频图像的重建时间以及重建质量，尽管目前已有许多不同重建算法和自适应重建方法，然而重建视频图像的质量依旧不理想，图 3 所示为 3D-TV 约束下 TwIST 算法以及基于字典学习的 KSVD-OMP 算法重建图像结果，(a) 为观测图像，(b) (c) 为两种算法重建视频的第三帧图像，可以看出车牌等细节部分均无法识别。



图 3

为了进一步提高重建图像质量，本项目拟采用基于参考帧的重建方式，在获取图像时，首先获取一张低曝光的清晰图像作为参考帧，之后利用像素编码曝光的方法得到 1 张由 N 张图像压缩编码后的观测图像，重建时再由参考帧与观测图像重建获得 N+1 张视频序列图像（N=8~24），其过程如图 4 所示。

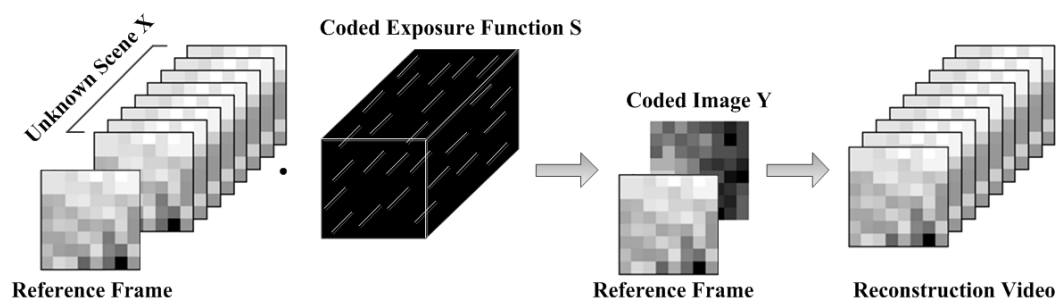


图 4

## 技术关键

本项目中所涉及到的关键技术主要针对参考帧图像的采集和自适应快速视频重建问题中的三个关键步骤：参考帧图像高精度配准研究、运动区域边缘高质量重建研究和快速高质量重建算法研究。具体情况如下：

1. 参考帧图像高精度配准研究。本项目所提出方法的关键点在于重建图像与参考图像的配准，配准的准确度直接影响了重建图像的质量。配准过程的主要问题在于初始重建图像质量差，难以准确配准，因此本项目将对如何快速获取适用于配准的初始图像以及快速高精度配准方法进行研究。

2. 运动区域边缘高质量重建研究。若匹配块位于运动区域的边缘，由于背景差异将导致匹配误差较大，物体边缘重建效果不理想。针对这种现象本项目拟对边缘区域高质量重建方法进行研究，考虑结合运动区域搜索方法对运动区域进行限定，对运动物体主体、边缘以及静止部分分别给予不同约束系数，或者增加边缘约束，如运动分布图局部平滑约束等。

3. 快速高质量重建算法研究。不同目标函数有着不同的求解方法，因此寻找合适的重建算法对最终的重建图像质量有着重要影响。另一方面，重建算法的速度也制约了方法的应用。针对本项目提出的目标函数，研究快速高质量重建算法。

## 最终成果形式

软件，学术论文 1~2 篇，专利 1~2 个。

## 经济效益

随着大数据技术和智慧城市概念的不断深入发展，海量的视频数据给数据管理带来了相当大的挑战。而大数据技术的战略意义不仅在于掌握庞大的数据信息，更是在于对这些数据进行专业化处理，最终对有意义的信息进行可视化的呈现。在此发展趋势下，对海量视频监控数据的存储、管理与恢复是当下对于该技术研究最重要的命题之一。

本项目基于压缩感知理论，研究一种高时间分辨率光学成像技术与自适应快速视频重建方法。该项研究工作的开展可以大大节省存储空间（理论上能在传统的视频压缩基础上再减小 20 倍以上的存储量）；减少数据计算量，突破硬件条件的限制（直接获得经过编码曝光后的压缩感知图像，省略了转移、缓存和处理的过程）；在保证高图像质量的前提下实现高帧频视频的恢复，填补了国内相关研究领域的空白。这对于当今大数据时代海量视频数据的存储、管理和重建具有重要意义，将大大推进大数据技术和智慧城市安全建设的发展。

### 3、项目实施方案和计划进度安排。

#### 项目实施方案

本项目基于压缩感知理论,研究一种高时间分辨率光学成像技术与自适应快速视频重建方法。该技术通过在光学成像过程中,对三维时空数据进行像素编码曝光获得时间维压缩的二维观测图像,然后通过重建算法从一幅二维观测图像中重建出多幅视频序列图像;为了进一步提高重建图像质量,本项目拟采用基于参考帧的重建方式,在获取图像时,首先获取一张低曝光的清晰图像作为参考帧,重建时再由参考帧与观测图像重建获得  $N+1$  张视频序列图像 ( $N=8\sim 24$ )。具体原理如下所示:

视频信号可以看作空间和时间的体数据,定义  $\mathbf{X}_t \in \mathbf{R}^{n_x \times n_y}$ ,  $\forall t=1, \dots, n_t$ , 为  $n_t$  帧未知视频中的第  $t$  帧图像。 $\mathbf{S}_t \in \mathbf{R}^{n_x \times n_y}$ ,  $\forall t=1, \dots, n_t$ , 为二值曝光函数 ( $\mathbf{S}_{i,j} \in \{0,1\}$ ), 那么观测图像  $\mathbf{Y} \in \mathbf{R}^{n_x \times n_y}$  可以表示为

$$\mathbf{Y} = \sum_{t=1}^{n_t} \mathbf{S}_t \mathbf{X}_t \quad (1)$$

将各帧图像向量化再合并为矩阵,我们得到  $\mathbf{x} = [(\text{vec}(\mathbf{X}_1))^T, \dots, (\text{vec}(\mathbf{X}_{n_t}))^T]^T$ , 于是式(1)重新写为

$$\begin{aligned} \mathbf{y} &= [\text{diag}(\text{vec}(\mathbf{S}_1)), \dots, \text{diag}(\text{vec}(\mathbf{S}_{n_t}))] \mathbf{x} \\ &= \Phi \mathbf{x} \end{aligned} \quad (2)$$

其中  $\Phi = [\text{diag}(\text{vec}(\mathbf{S}_1)), \dots, \text{diag}(\text{vec}(\mathbf{S}_{n_t}))]$ 。重构问题表示为

$$\hat{\mathbf{x}} = \arg \min_{\mathbf{x}} \|\mathbf{y} - \Phi \mathbf{x}\|_2^2 \quad (3)$$

令  $\mathbf{R} \in \mathbf{R}^{n_x \times n_y}$  表示参考帧图像, 函数  $G(x): \mathbf{R}^{n_x \times n_y} \rightarrow \mathbf{R}^{n_x n_y}$  为运动补偿匹配, 对(3)式添加运动约束项, 那么目标问题最终转化为

$$\hat{\mathbf{x}} = \arg \min_{\mathbf{x}} \frac{1}{2} \|\mathbf{y} - \Phi \mathbf{x}\|_2^2 + \frac{\lambda}{2} \|\mathbf{x} - G(\mathbf{R})\|_2^2 \quad (4)$$

其中  $\lambda$  为约束系数。

与基于光流的方法类似，本项目所提出方法分为两个步骤，即运动匹配与图像重建，其中如何进行运动匹配以及匹配的准确性直接影响了重建结果，因此这也是本项目的研究内容之一。兼顾程序整体运行时间，目前我们使用的是对  $\Phi^T y$  插值获取匹配用图像，匹配方式为区域搜索，今后也会尝试使用一些快速重建算法进行快速重建、低分辨率图像以及其他运动匹配方法去获得更准确的运动匹配结果。此外，从图 5 中可以看出，尽管运动物体的细节能较好重建，物体边缘的重建效果并不理想，这主要是由于边缘匹配时误差较大所导致的，针对这种现象本项目考虑结合之前提出的运动区域搜索方法对运动区域进行限定，对运动物体主体、边缘以及静止部分分别给予不同约束系数，或者增加边缘约束等方法。



图 5

### 项目进度安排

本项目拟分两年时间完成：

2018.01--2018.12（采样与数据体稀疏表示研究）：

- (1) 开展时空压缩编码采样理论研究；
- (2) 开展时空编码采样函数设计研究；
- (3) 开展时空三维数据体稀疏表示和字典构建；
- (4) 开展参考帧图像高精度配准研究；

2019.01--2019.12（视频重建算法与自适应运动区域搜索）：

- (1) 开展视频重建算法研究；
- (2) 开展自适应运动区域搜索和局部重建研究；
- (3) 进一步优化编码模型和重建算法；
- (4) 完成项目总结

4、现有工作基础和条件（包括配套经费、人员配备等情况）。

项目组主要参与者（不包括项目申请人）

编号	姓名	性别	职称	学位	单位	电话	邮箱
1	陈跃庭	男	副研究员	博士	浙江大学	0571-87951182	chenyt@zju.edu.cn
2	唐超影	男	博士生	学士	浙江大学	0571-87953043	tcyopt@zju.edu.cn

#### 工作基础

本项目提出了一种基于压缩感知的新型视频压缩技术。相比与传统的视频压缩方法，该方案不但实现了对于视频信号的进一步压缩，同时也直接获得了经过编码曝光后的压缩感知图像，省略了转移、缓存和处理的过程，大大减小了计算量。这对于大数据技术和智慧城市的发展具有重要意义。在发挥主要申请者在光学工程与光纤通信领域多年积累的优势前提下，本课题充分利用其所依托的浙江大学光学仪器国家重点实验室在光学系统设计，图像处理以及图像重构算法等领域的学科优势（课题组在光电成像、压缩成像、遥感技术、图像处理和评价领域发表论文 150 余篇，授权发明专利 50 余项），汇集了两名光电成像、压缩成像方向的专业学者，构建了该项目所需的完善的知识背景，为该项目的顺利完成奠定了坚实的基础。

目前本项目申请提出了基于时空编码压缩感知与自适应快速视频重建方法，已初步开展了时空三维数据体的稀疏表示、编码曝光采样函数设计、视频重建算法和快速重建方法等方面的仿真研究。初步的仿真和实验结果证明了该项目的先进性和可行性，而在时空三维数据体字典构建、编码曝光采样函数优化设计、自适应运动区域搜索以及快速视频重建方法等方面，还需要进行更深入的探索研究。

#### 工作条件

课题组负责人及主要研究人员均为浙江大学现代光学仪器国家重点实验室人员，实验室的场地、器材等资源可以很方便地使用。

实验室目前已具备多种焦距的光学镜头、反光镜、标准标版、多种光源、光学支架、平移台、剪切台、光学相机等可供本项目进行硬件平台的搭建；具备 ZEMAX、CODE V 光学设计软件，具有 300mm 口径、2.5m 焦距反射式平行光管，德国 MTF 测试仪，多普勒激光测振仪，哈特曼-夏克波前传感器，可调频率颤振台，多种 CCD 探测器等。实验室拥有大面积的超净室和光学平台，具备了本项目研究的基础条件。

<p>本人 声明</p>	<p>我保证以上材料属实，如有不实之处，愿承担一切责任。</p> <p style="text-align: right;">申请人（签名）： 2017年 04月 07日</p>
<p>所在单 位审核</p>	<p>申请人以上材料经与原件核对，情况属实。表格所填报内容均已在单位内部进行全信息公示，没有异议。</p> <p style="text-align: right;">申请人单位（盖章） 年 月 日</p>
<p>所在平 台意见</p>	<p>（不在省级留学人员创业园、省重点企业研究院、省级产业集聚区的，无需填写此栏；若是，请注明平台名称：_____）</p> <p style="text-align: right;">（盖章） 年 月 日</p>
<p>市人力 社保局 或归口 管理部 门审查 意见</p>	<p style="text-align: right;">负责人签字： 年 月 日 单位（盖章）</p>
<p>“钱江人 才计划” 管理办 公室审 查意见</p>	<p style="text-align: right;">负责人签字： 年 月 日 单位（盖章）</p>