



VIVIDIFY低功耗智能超分相机

超分重构|注意力机制|光流对齐

汇报人：薛皓林

项目成员：闫康、罗玉杰、胡帅

2025年6月

目录

CONTENTS

1

项目背景

2

技术方案

3

成果演示

4

团队分工

1. 项目背景——响应国家政策号召



● “互联网与制造业相结合” 与 “低能耗绿色产业产品” 获国家支持

中华人民共和国中央人民政府
www.gov.cn

国务院关于深化“互联网+先进制造业” 发展工业互联网的指导意见

各省、自治区、直辖市人民政府，国务院各部委、各直属机构：

当前，全球范围内新一轮科技革命和产业变革蓬勃兴起。工业互联网作为新一代信息技术与制造业深度融合的产物，日益成为新工业革命的关键支撑和深化“互联网+先进制造业”的重要基石，对未来工业发展产生全方位、深层次、革命性影响。工业互联网通

人工智能
化升级，
、智能化
利于加速
产和服务
态、新模
强的渗透
必不可少

“工业互联网……，日益成为新工业革命的关键支撑和深化“**互联网+先进制造业**”的重要基石，对未来工业发展产生**全方位、深层次、革命性**影响。……”

“加快建设和发展**工业互联网**，**推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合**，发展先进制造业，支持传统产业优化升级……”

“建立健全绿色能源消费促进机制。推进统一的**绿色产品认证与标识**体系建设，建立**绿色能源消费**认证机制……”

“……完善和推广绿色电力证书交易，促进**绿色消费**。鼓励全社会优先使用绿色能源和采购**绿色产品**及服务，公共机构应当作出表率。……”

中华人民共和国中央人民政府
www.gov.cn

国家发展改革委 国家能源局 关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见 发改能源〔2022〕206号

各省、自治区、直辖市人民政府，新疆生产建设兵团，国务院有关部门，有关中央企业，有关行业协会：

能源生产和消费相关活动是最主要的二氧化碳排放源，大力推动能源领域减排是做好碳达峰碳中和工作，以及加快构建现代能源体系的重要举措。党的十八大以来，各地区、各有关部门围绕能源绿色低碳发展制定了一系列政策措施，推动太阳能、风能、水能、生物质能、地热能等清洁能源开发利用取得了明显成效，但现有的体制机制、政策体系、治理方式等仍然面临一些困难和挑战。

产品
社会
标准等
促进
及服务
进能
开展
费示

1. 项目背景——市场发展前景



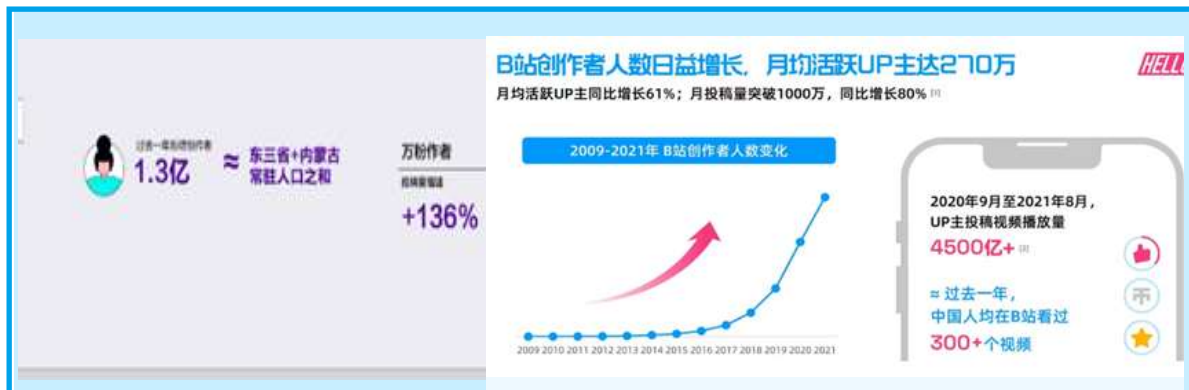
● 短视频行业磅礴发展，短视频拍摄设备市场随之崛起



网民总量已
经达到**十亿**

短视频用户占
比达到**97.3%**

全国网络用户、短视频用户爆发式**增加**



短视频创作者不断增加，拍摄设备市场随之**爆发**

● 而传统相机行业对于短视频创作者的需求应对乏力，并存在如下问题

高画质长时间续航不可兼得

- 高画质必须面临高功耗
- 4K相机续航**低于一个小时**

操作复杂，携带不便

- 操作复杂，学习成本高
- 构造复杂，体积大，携带不便

动态场景模糊与细节失真

- 动模糊难以消除
- 算法局限导致伪影与失真

1. 项目背景——需求痛点



针对传统相机行业存在的各类问题，可以总结为以下**四大需求、四大痛点**

核心需求

高分辨率，高视频质量，
长时间续航**同时满足**

在高速运动等复杂情
况人能**保持高质量**

操作简单、小巧
轻便、**方便携带**

低成本、高质量的
高性价比设备

现状

高分辨率拍摄必然面临**高功耗**

复杂场景画面失真，存在
运动模糊

构造复杂，体积大，操作复杂

传统4K相机价格昂贵

四大痛点

续航时间短，不能长时间拍摄

不能**适应**频繁切换的**复杂场景**

操作**复杂**，**携带不便**

高清画质与性价比**不可兼得**

目录

CONTENTS

1 项目背景

2 技术方案

3 成果展示

4 团队分工

2. 技术方案——项目架构



本项目是以**双模摄像系统核心**，以**超分重构模型基础**的低功耗智能相机

解决核心痛点

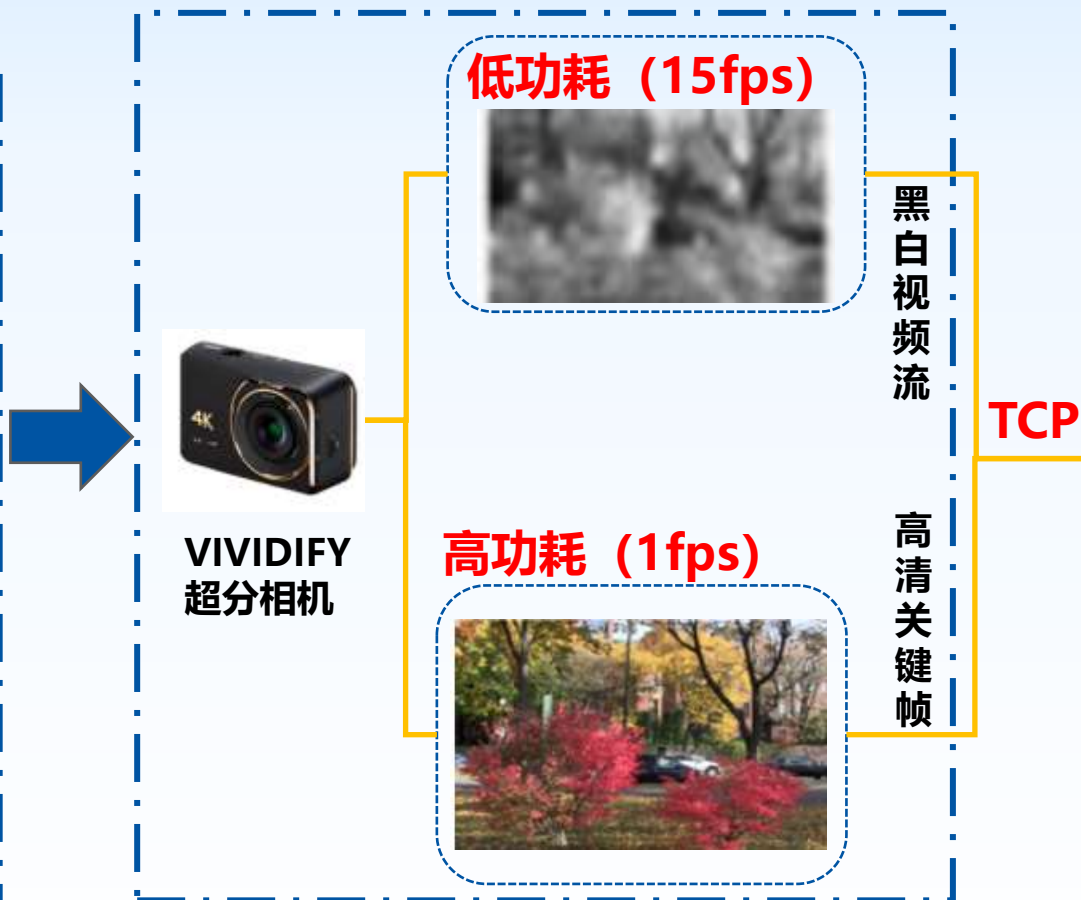
双模系统，低功耗运行长时间续航

超分重构，适应复杂场景还原细节

构造简单，操作便捷小巧方便携带

低成本组装，实现性价比与高画质兼得

双模摄像系统

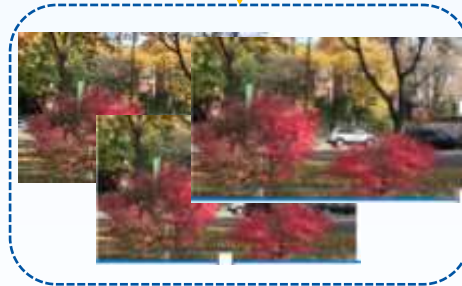


云服务器

超分重构模型



实时输出



4K高清彩色视频

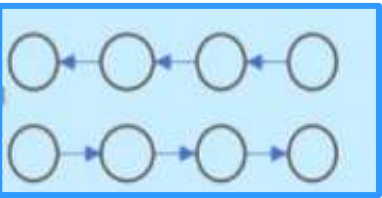
技术点1：超分重构模型——双循环网络架构



构建双循环网络架构，超分辨率重建时保持视频的**连贯性**和**还原细节**

难点

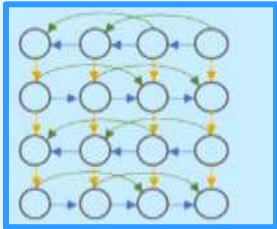
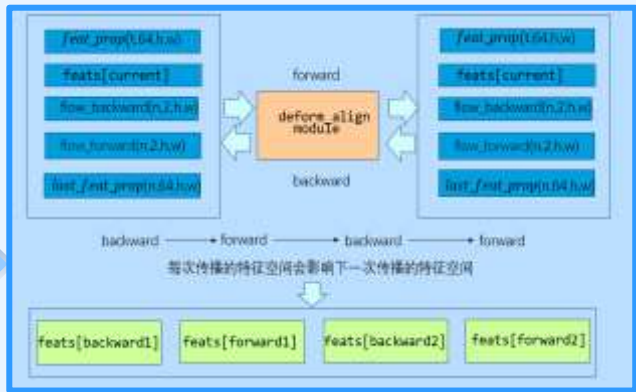
不同于单帧图像超分，视频超分需要考虑**场景切换**



单向时序传播
传统单向的特征时序传播方法，无法充分挖掘和利用前后帧的丰富信息

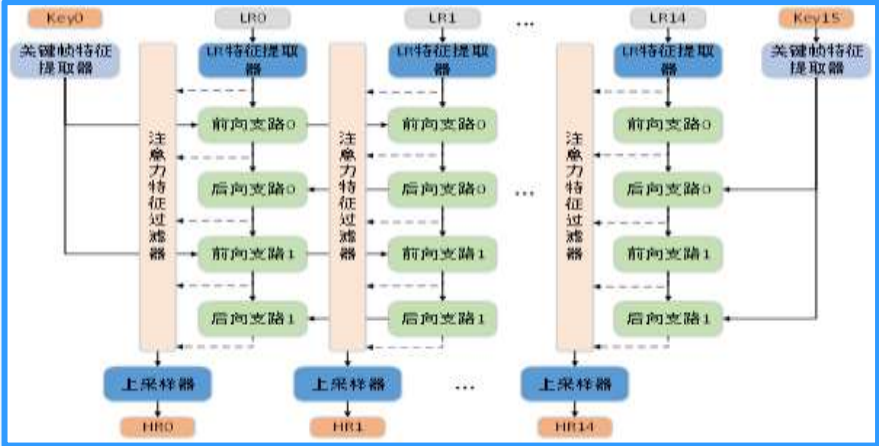
创新工作

前向传播和反向传播交替进行，信息充分流动



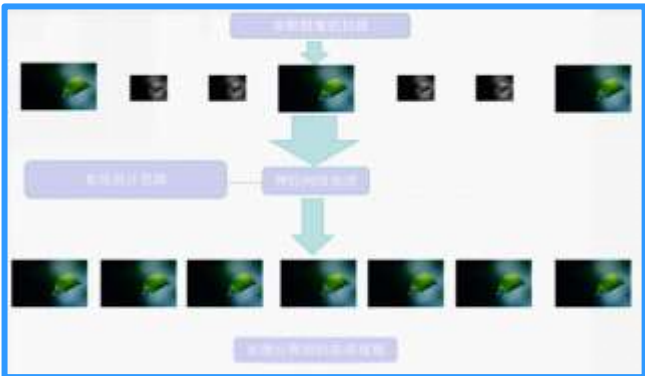
双向多轮
时序传播

同时考虑过去和未来信息，实现时序特征融合

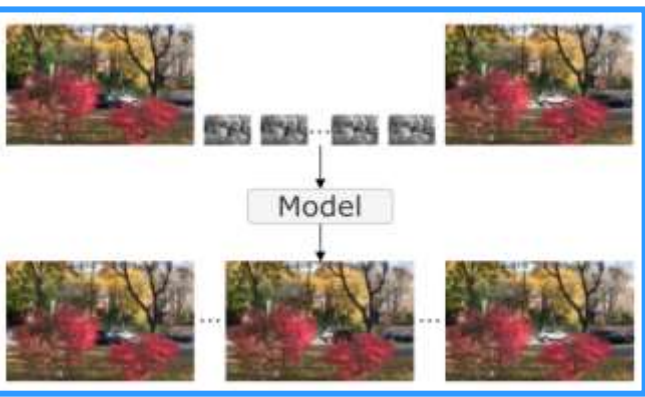


工作成效

双循环网络**架构**展示



双循环架构**实际效果**



技术点2：超分重构模型——双路特征提取



构建双路特征提取模块，提取黑白视频帧和关键帧的**差异特征**

难点

黑白视频帧和关键帧之间**特征差异大**

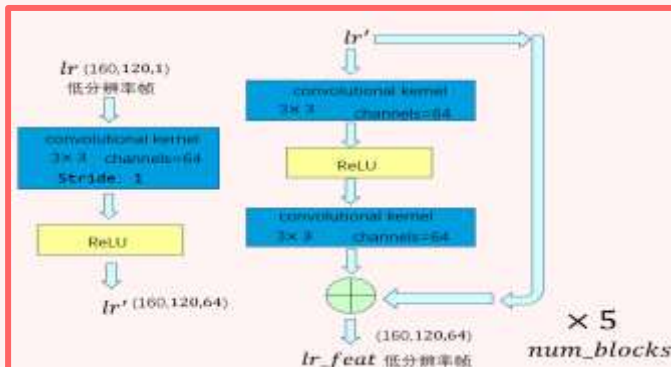
$$F(x) = f(x) + x$$

非线性特征 线性特征

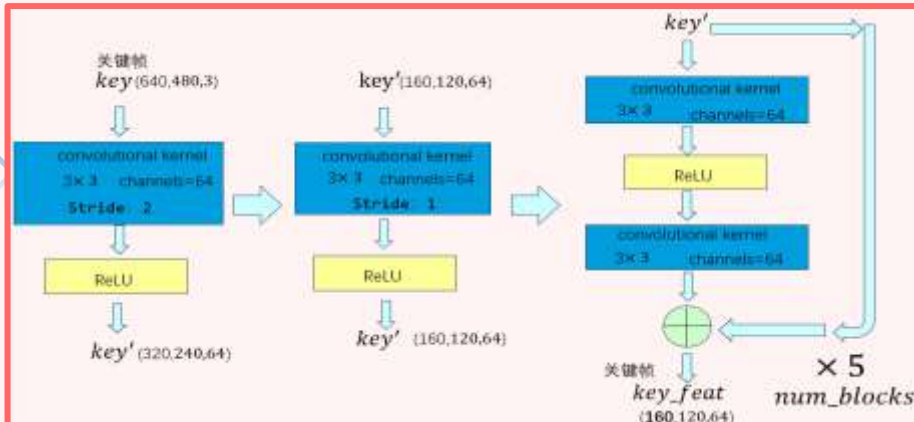
不同的视频帧处理要求不同，关键帧需要关键细节，普通帧需要局部特征

创新工作

普通帧提取**局部结构与纹理信息**



关键帧通过下采样与深层残差卷积模块提取**关键细节特征**

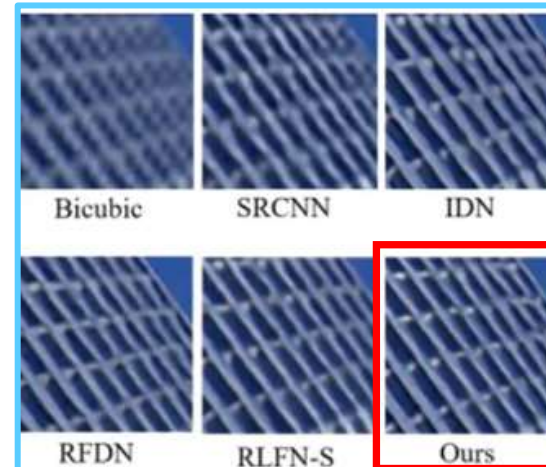


工作成效

我们对比了多个超分辨率方法的重建效果：



选取**红框部分**对比细节



更准确的细节
更清晰的线条
更少的模糊

技术点3：超分重构模型——光流估计和可变性卷积



集成光流估计模块，实现时序高精度对齐，对**运动物体特征对齐**

难点

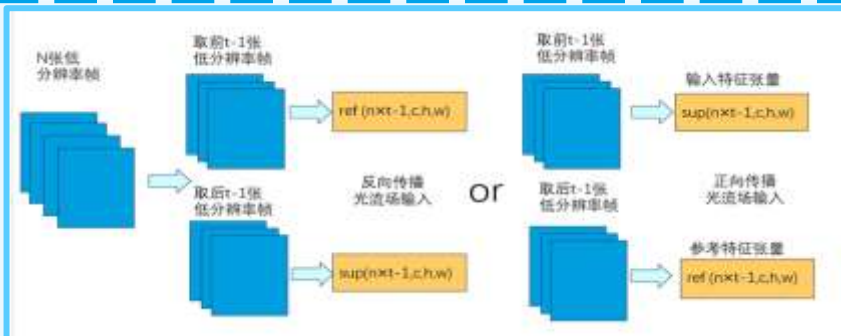
动态场景下的**运动模糊**和**帧间位移**是最大难题



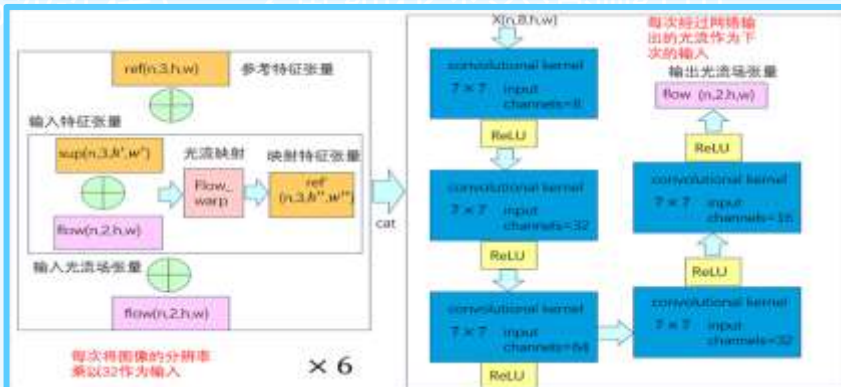
需**像素级别运动补偿**，否则重建会“拉花”或拖影。



创新工作



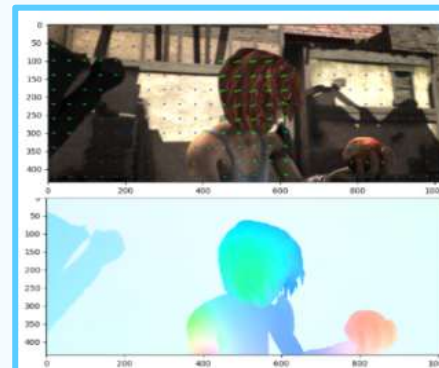
光流估计网络采用堆叠式 7×7 卷积核，通道数从8扩到64再回退，**逐层提取特征**



动态调整分辨率，**6次迭代**，不断细化

工作成效

捕捉了局部和整体运动，对齐帧间状态变化，输出**细腻、连贯**光流场。



精准还原人物、动物等复杂动态目标的**运动信息**。

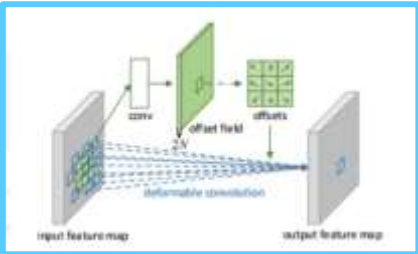
技术点3：超分重构模型——光流估计和可变形卷积



集成可变形卷积模块，经过光流对齐后，**细化局部特征**的空间位置

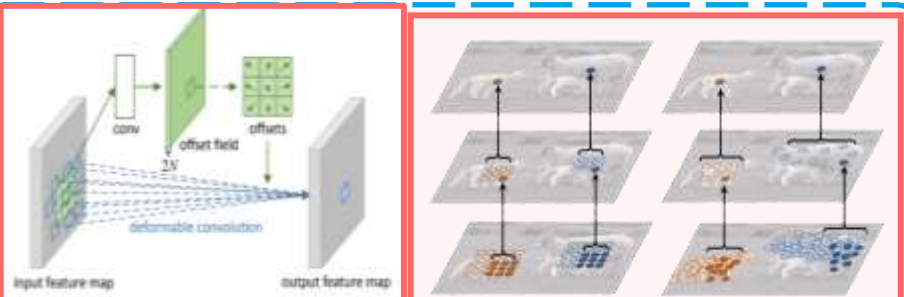
难点

传统光流对齐容易出现**误差累积**，且细节丢失严重



仅依赖一阶相邻帧信息，**无法捕捉长时间跨度和复杂场景**下的运动特征

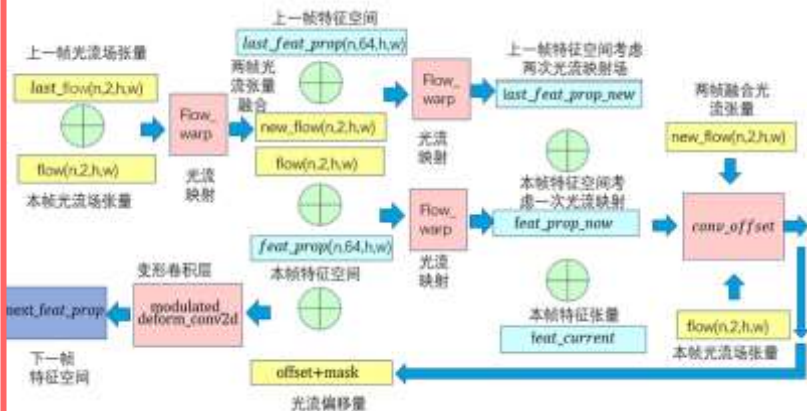
创新工作



可变形卷积

可变形卷积和普通卷积对比

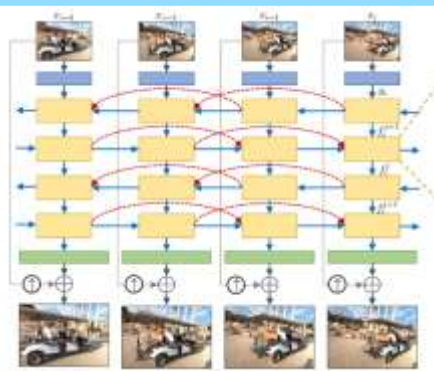
基于SpyNet光流估计，**融入**历史两帧与当前帧**多重光流信息**，**增强**时空**感知**。



二阶可变形卷积实现

工作成效

能够精准捕捉运动变化，**有效应对剧烈运动、遮挡**等复杂动态场景。



融合多帧时空信息，实现了动态采样与误差抑制，有效抑制一阶误差累积

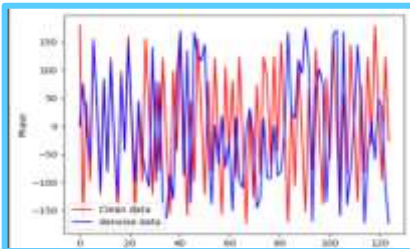
技术点4：超分重构模型——注意力机制模块



设计注意力机制模块，合理特征权重分配，进一步提升了**细节提取的能力**

难点

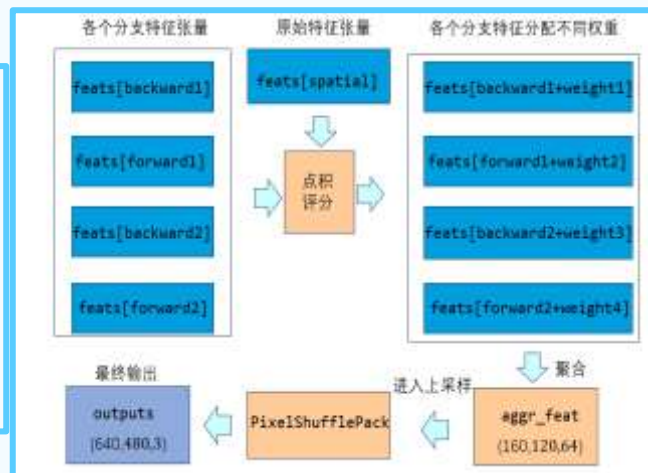
多分支时序特征
冗余度高、噪声大，难以自动甄
别有效信息



动态场景下，**关键信息易被掩盖**，**细节丢失严重**，难以保证结构完整性。

创新工作

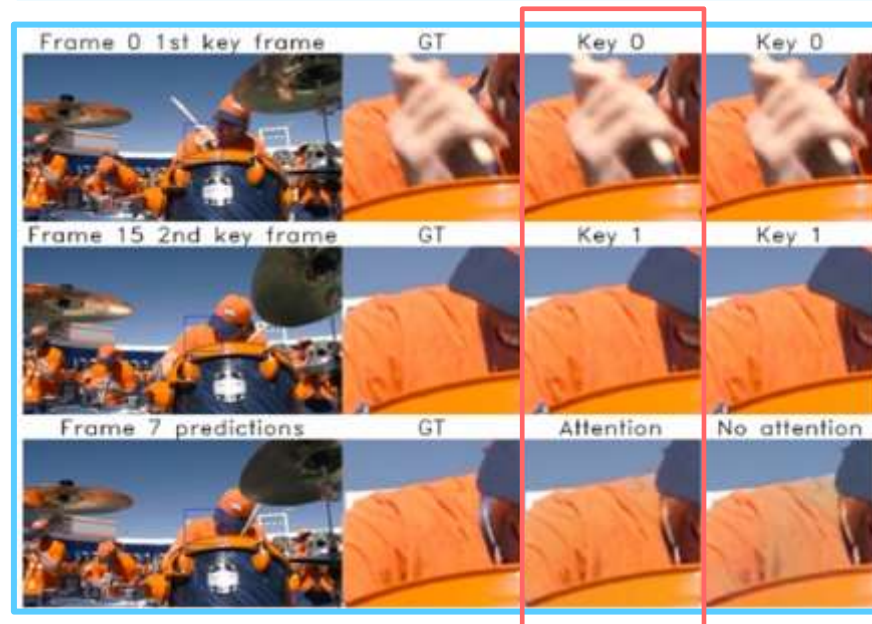
做**特征点积**，
得到相似性
评分，**强化**
高质量特征
，**抑制冗余**
特征



分配**自适应权重**，有效性动态**聚焦关键信息**，提升特征利用的灵活性

工作成效

实现了**多分支时序特征的智能选择**和动态增强显著**提升**了关键区域的**结构细节与色彩还原能力**



动态增强有效特征、抑制冗余信息

技术点5：固单应性变换



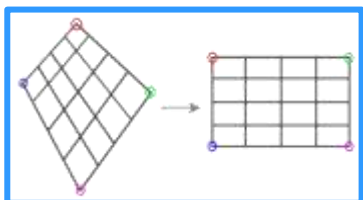
引入固单应性变换，**解决**双摄像头系统中带来的**图像视角差异**

难点

两个摄像头**部署位置不一**，拍摄图像存在视角差异



不做处理进行特征，会出现**特征对齐问题**，影响质量



创新工作

HomographyNet网络接收来自不同视角图像，分别对应两个摄像头捕获的图像，得到**单应性矩阵**



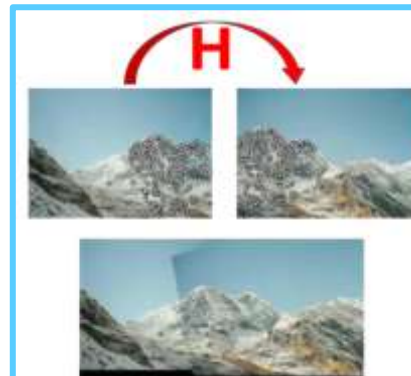
$$\begin{bmatrix} x_k \\ y_k \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

两视角之间的**单应性矩阵**，并将其作为全局参数

两个视角下选取**四个参考点**，利用几何关系**求解矩阵**



优势



对每张图片进行几何校正后，图像被成功拼接成一幅**连贯的全景图像**



消除了原有的断裂和错位，整体视觉效果**更加自然**



超分重构模型性能验证



我们的超分模型在多种测试环境下如毛发纹理、文字标识、色彩还原等细节还原度达98%。

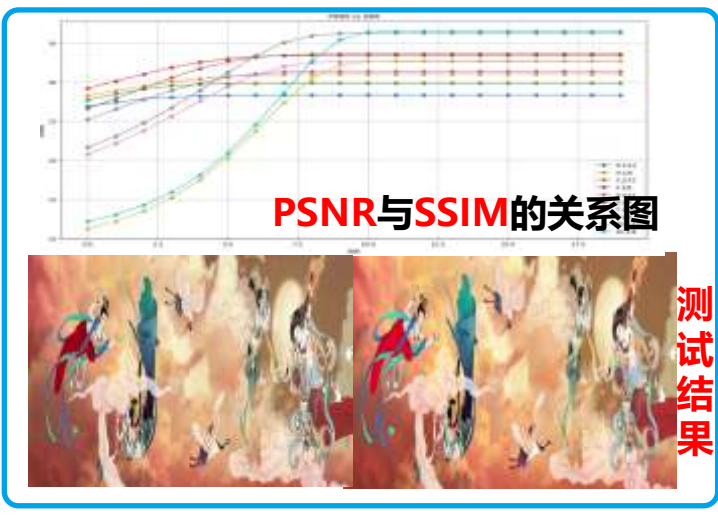
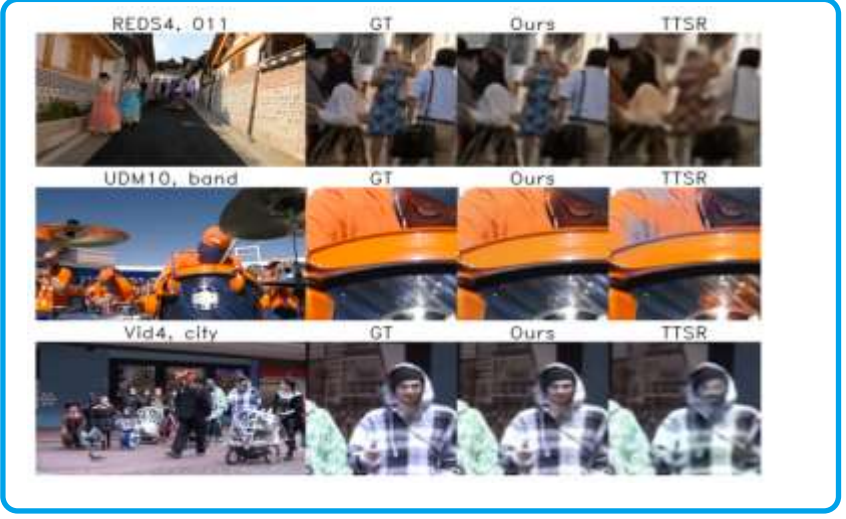
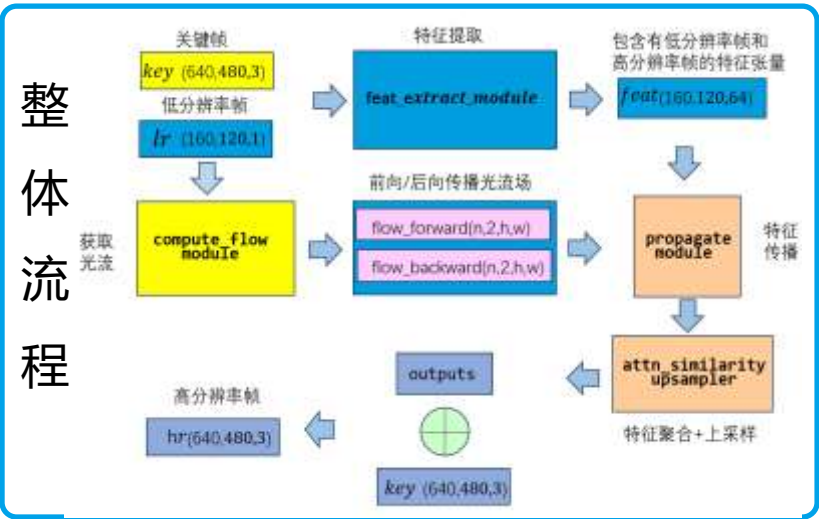
技术核心

工作成效

- 1.双循环网络架构保证**视频前后连贯性**
- 2.特征提取与注意力机制**重构画面细节**
- 3.光流估计与变形卷积**处理动态模糊**
- 4.固单应性变换消除**双模摄像视角差异**

- 1.**PSNR_Y**均可以平均达到**32dB**以上
- 2.**SSIM_Y**平均可以实现达到**0.91**以上
- 3.**PSNR_RGB**均可以平均达到**30dB**以上
- 4.**SSIM_RGB**平均可以实现达到**0.88**以上

利用我们的**超分重构模型**能以**较高精细度**还原图像的细节



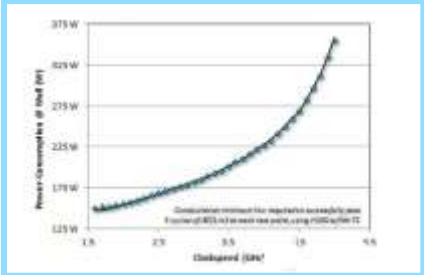
技术点5：双模摄像系统（硬件部分）



搭建双模系统，功耗降低了**70%以上**，可以持续到**7个小时**长时间拍摄

难点

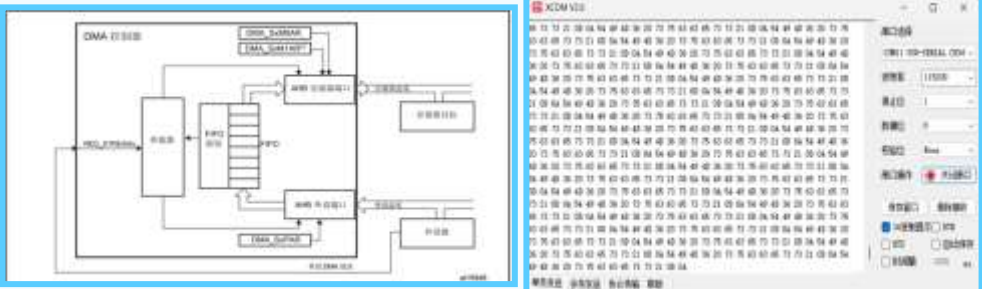
高分辨率图像采集功耗高，续航短，画质与低功耗同时兼顾难



传统方法数据量大，端侧负载重，传输慢

创新工作

DCMI+DMA高速采集图像，串口与ATK-MW8266D模块) 通过TCP实时上传服务器

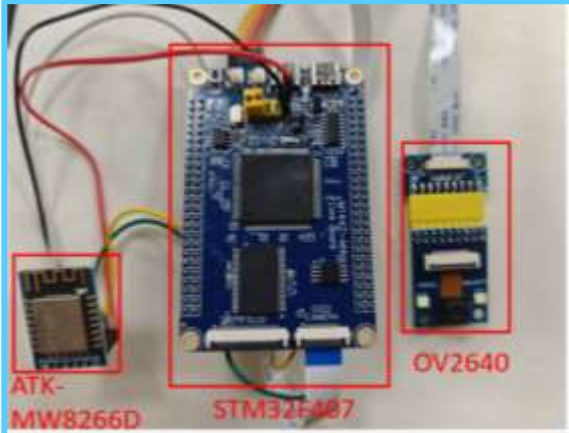


服务器端部署超分辨率重建模型，“终端低功耗采集+云端高质量重建”协同优化





优势



硬件简单可靠，终端系统集成紧凑，终端配置灵活，满足多场景应用需求



灵活切换双模工作状态，支持低功耗与高画质采集模式

目录

CONTENTS

1 项目背景

2 技术方案

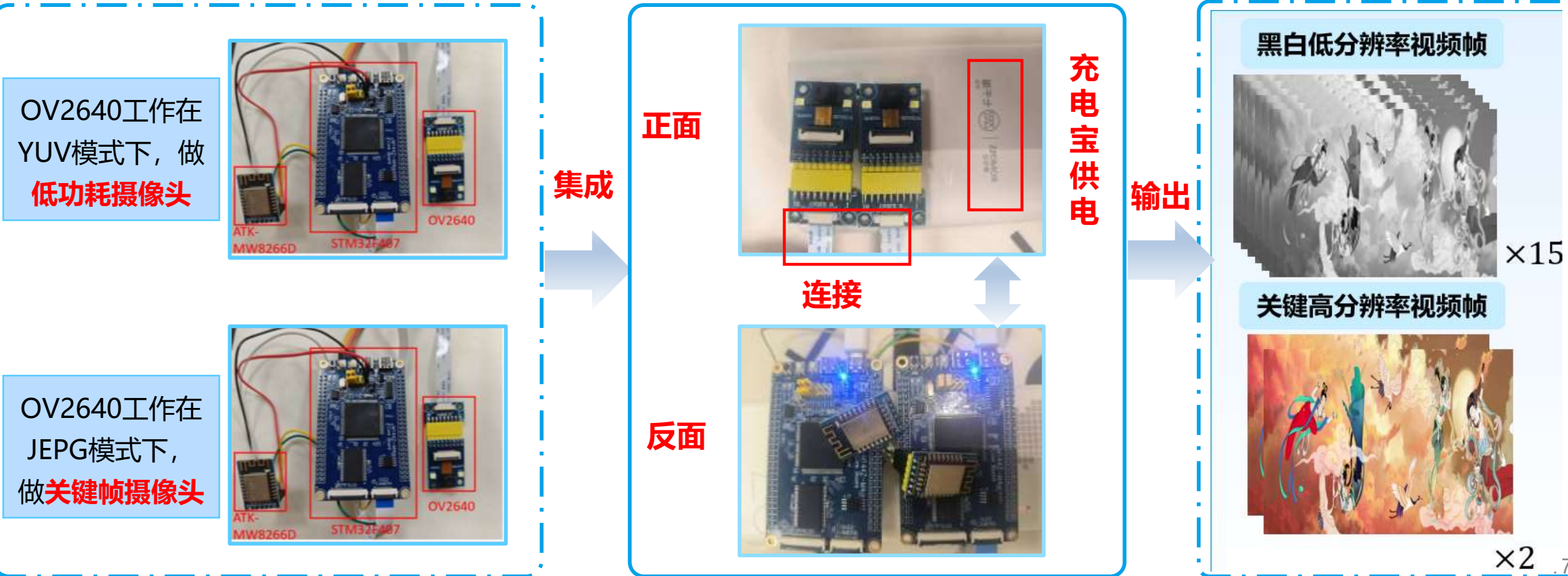
3 成果展示

4 团队分工

3. 成果展示——硬件集成

我们完成了“**基于关键帧的超分模型**”和“**双模摄像系统**”，并实现完美闭环。
实际设计出了**VIVIDIFY低功耗智能超分相机**

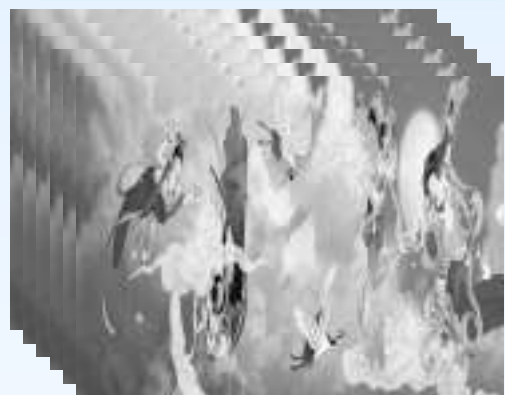
VIVIDIFY低功耗智能超分相机



3. 成果展示——帧对比

我们的超分模型在多种测试环境下如毛发纹理、文字标识、色彩还原等
细节还原度达98%。

黑白低分辨率视频帧



×15

关键高分辨率视频帧



×2

重构帧OUTPUT



×15

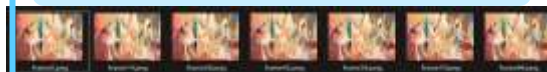
目标高清帧TARGETT



低分辨率黑白帧



关键高分辨率视频帧



重构帧OUTPUT



最终输出的重构帧在视觉效果上已经**非常接近原始目标高清帧**
实现了“**低带宽、低功耗、高画质**”的目标，非常适合对续航和资源有限制的
实际应用场景。

目录

CONTENTS

1 项目背景

2 技术方案

3 成果展示

4 团队分工

4. 团队分工



我们完成了“**基于关键帧的超分模型**”和“**双模摄像系统**”，并实现完美闭环。
实际设计出了**VIVIDIFY低功耗智能超分相机**

姓名	分工	完成情况
薛皓林	作为项目负责人及时与老师沟通交流 搭建双循环网络架构 开发并集成变形卷积模块 开发并集成注意力机制 完成双模摄像系统关键帧部分代码和系统	按时完成双循环网络架构的搭建 成功开发并集成变形卷积模块 成功开发并集成注意力机制 按时完成双模摄像系统关键帧部分代码和系统
闫康	搭建双循环网络架构 开发并集成双路特征提取模块 完成双模摄像系统黑白视频帧部分代码和系统 完成双模系统时间同步过程	按时完成双循环网络架构的搭建 成功开发并集成双路特征提取模块 按时完成双模摄像系统黑白视频帧部分代码和系统 按时完成双模系统时间同步过程
胡帅	实现光流估计的实现 实现项目软硬件之间的数据传	按时完成光流估计算法的开发 搭建了云服务器和硬件之间的TCP数据传输链路
罗玉杰	负责视角校正算法的实现，即固定单应性变换	按时完成固单应性变换的开发



欢迎各位专家批评指正！

——The End