



**栗子树变频可见光通信系统**

**2026年“雁栖杯”怀柔科学城前沿技术创新大赛  
空天技术领域赛**

北京栗子树科技有限公司 研发工程师 贾方旭/刘蒙恩

# 目录

1. 应用场景及颠覆对象
2. 主要目标及战略价值
3. 技术概况与当前进展
4. 主要任务与实施计划
5. 主要风险与应对措施

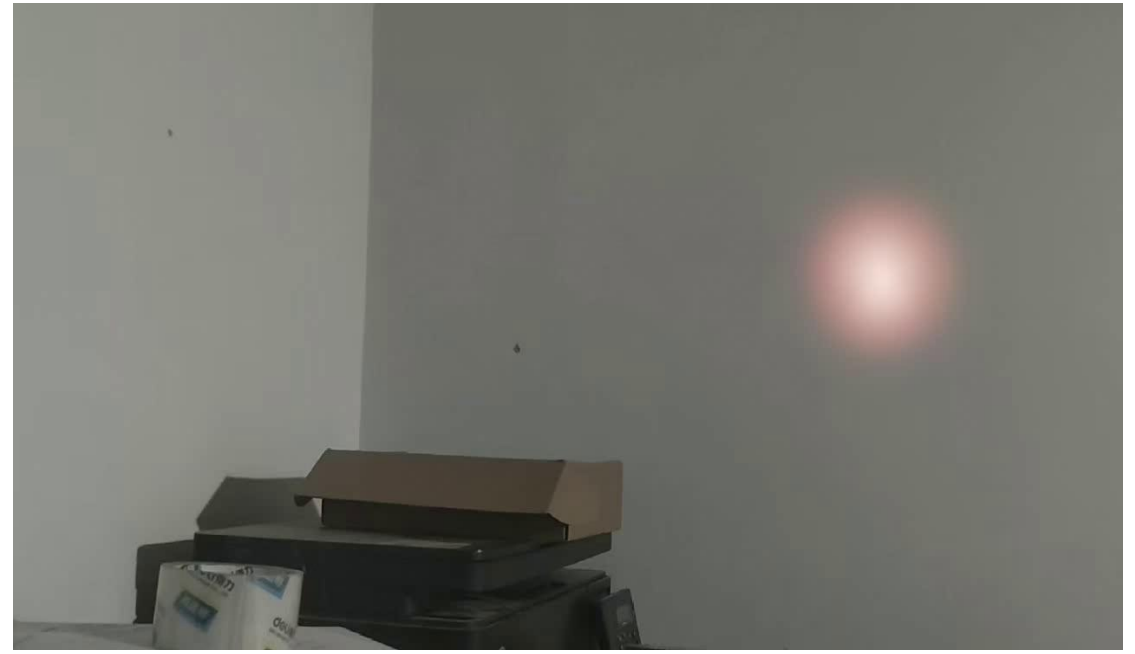
# 3.技术概况与当前进展

## 直观感受 转化应用情况

【户外应急通信】 【各种无网环境通信】 以下视频为本系统的 嵌入式调色LED光源 发送字符串

**“你好，栗子树。I'm a variable-frequency visible light communication system.”**

接收器可以使用 电脑摄像头 或者 手机



# 3.技术概况与当前进展

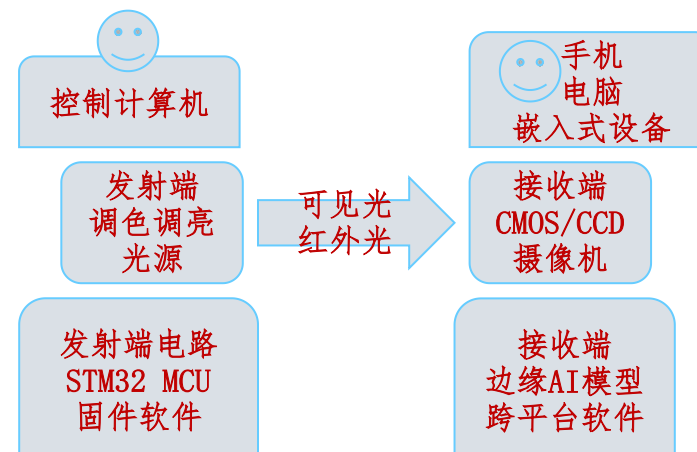
◆ 总体原理：使用 **可见光 调色调亮 在任意环境 去光噪** 直接进行数据通信。

这是一个 **AI 赋能的智能光通信平台**

核心关键词：**机器视觉、自适应调制、通用摄像机接收**

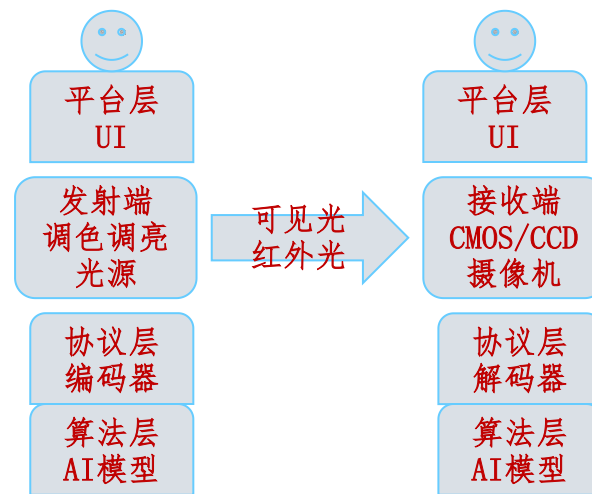
项目定位：**低成本、可部署、可扩展的智能光链路系统**

- ◆ - 传统光通信依赖**专用硬件，成本较高**
- ◆ - 直接用可见光通信 在**复杂背景和环境光变化**会显著影响稳定性
- ◆ - 普通摄像机方案 往往**缺乏智能自适应能力**
- ◆ - 市场需要 **低成本 且 可落地的 智能光通信平台**



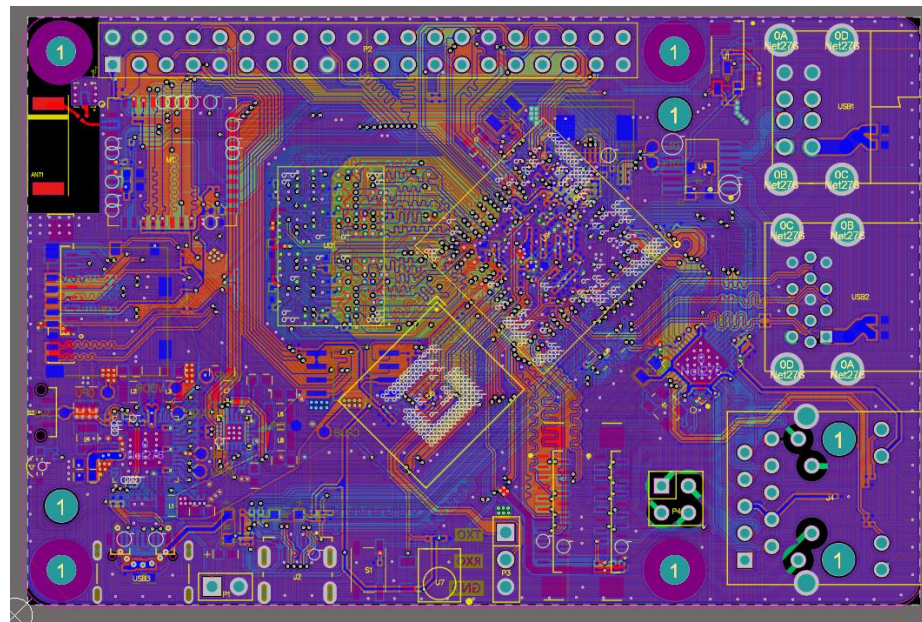
# 3.技术概况与当前进展

- **发射端**: 兼容 变频激光器 与 RGB LED
- **接收端**: 普通工业相机 / 摄像头
- **算法层**: AI 背景抑制、AI 自动寻标、AI 自适应速率
- **协议层**: 时域、频域、颜色域联合调制
- **平台层**: CLI、GUI、网页端 (手机端 一体式嵌入式设备正在开发)



测试程序已开源 <http://3mn.net>

- 通用视觉硬件成本低、部署快
- 相机本质上是时空采样器
- 算法适配帧率、曝光、模糊和噪声
- 实现 “用普通相机做智能光接收”



# 3.技术概况与当前进展

## 关键技术

- AI 背景抑制：从复杂环境中分离发光目标（时间能量累积模型）
- AI 自动寻标：自动寻找最可能可解码的通信目标（通信可解码性判别模型）
- AI 自适应速率：根据场景自动选择更稳妥的链路参数（通信质量驱动的自动参数适配模型）

- 颜色域承载离散符号
- 亮度域承载幅值信息
- 时域承载同步与重复对齐
- 面向普通摄像机采样边界

优化通信效率

### 1. AI 背景抑制

时间能量累积模型

总损失

$$L_{bg} = \lambda_1 L_{seg} + \lambda_2 L_{temp} + \lambda_3 L_{suppress}$$

分割监督项

$$L_{seg} = BCE(y, \hat{y}) + (1 - Dice(y, \hat{y}))$$

时间一致性项

$$L_{temp} = (1/(T-1)) \sum \|M_{t+1} - W(M_t, F_t \rightarrow_{t+1})\|_1$$

背景能量抑制项

$$L_{suppress} = \sum (E_t(p) \cdot \hat{M}_t(p), p \in \Omega_{bg}) / (\sum E_t(p) + \epsilon)$$

作用：让模型既要分对发光目标，又要保持时间稳定，并主动压掉复杂背景中的假亮点。

关键词：小目标分割 / 时序一致性 / 背景假检抑制

### 2. AI 自动寻标

通信可解码性判别模型

总损失

$$L_{target} = \mu_1 L_{dec} + \mu_2 L_{rank} + \mu_3 L_{distill}$$

可解码性判别项

$$L_{dec} = - (1/K) \sum [d_k \log \hat{d}_k + (1-d_k) \log(1-\hat{d}_k)]$$

候选排序项

$$L_{rank} = (1/|P|) \sum \max(0, m - s_i + s_j)$$

通信评分蒸馏项

$$L_{distill} = (1/K) \sum (s_k - (\alpha \cdot Align_k + \beta \cdot Qual_k))^2$$

作用：不是找“最亮的点”，而是找“最可能真正能把通信内容解出来的目标”。

关键词：候选中心筛选 / 可解码性排序 / 通信得分蒸馏

### 3. AI 自适应速率

通信质量驱动的自动参数适配模型

总损失

$$L_{rate} = L_{param} + L_{quality} + L_{safe}$$

参数拟合项

$$L_{param} = \eta_1 (\hat{r} - r^*)^2 + \eta_2 (\hat{h} - h^*)^2 + \eta_3 (\hat{q} - q^*)^2 + \eta_4 (\hat{f}_{sel} - f^*_{sel})^2$$

通信质量项

$$L_{quality} = \gamma_1 BE\hat{R} + \gamma_2 FE\hat{R} - \gamma_3 R_{payload}$$

$$R_{payload} = (f_{sel} \cdot B) / q, \text{ 其中 } B = 4$$

安全约束项

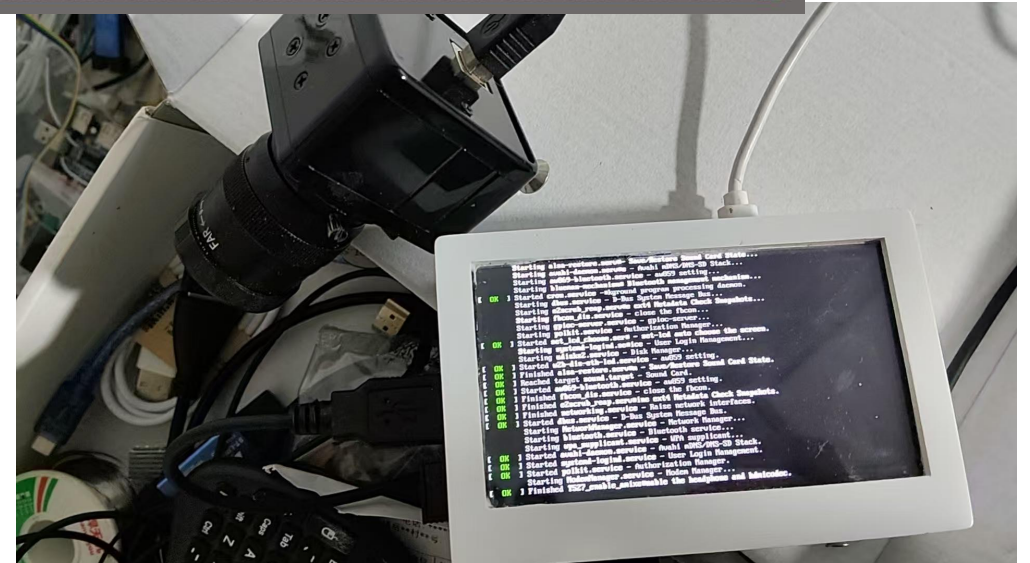
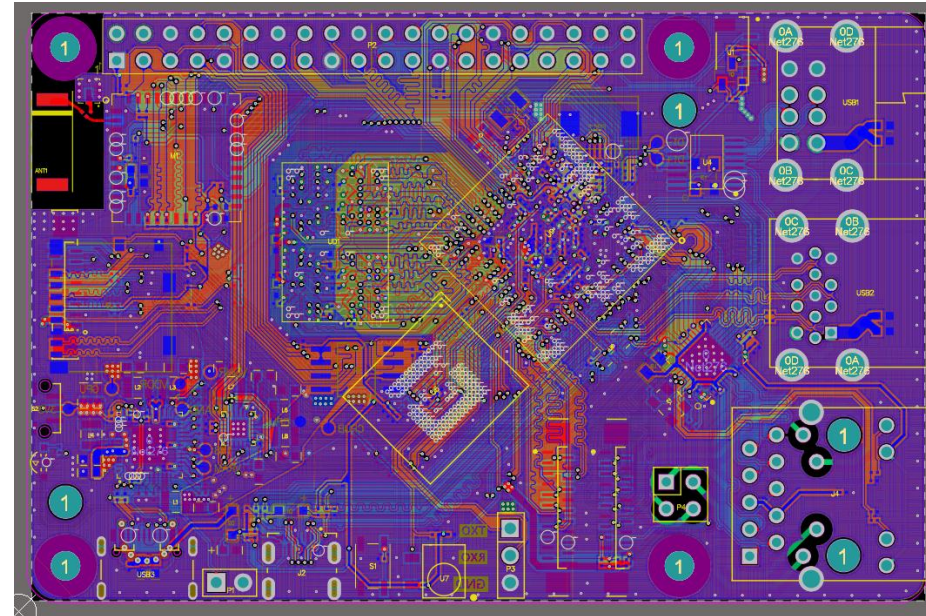
$$L_{safe} = \max(0, \hat{f}_{sel} - f_{cam})^2 + \max(0, r_{min} - \hat{r})^2$$

作用：在低误码、低失败风险的前提下，自动选出更高净载荷且满足摄像机采样约束的链路参数。

关键词：参数自调参 / 质量风险最小化 / 采样安全约束

# 3.技术概况与当前进展

- 向更强的 AI 分割与跟踪演进
- 向更高效的时频联合调制演进
- 向 rolling shutter 高速链路演进
- 向多节点组网与红外频段扩展
- 低成本硬件 + 高价值算法
- 普通摄像机即可参与智能光接收
- AI 提升背景适应、目标搜索与链路自调参能力
- 具备工程可行性、算法先进性与平台扩展性



# 3.技术概况与当前进展

## 当前的 主要不足 及 解决思路

### ◆ 通信速率（带宽） / 多色并行的互相干扰问题

未来尝试用AI方法通过大量对比通信，学习干扰规律解决串扰，提高通信速率

### ◆ 高功率发射器的能耗问题

考虑多激光器并联切换的形式，在能源敏感时 不调光，而是直接换光

### ◆ 接收器成本与帧率的平衡

针对不同场景推荐不同接收器，在 高速相机 和 普通消费类摄像头/普通工业相机 之间进行选择

# 1.应用场景及颠覆对象

## 1 低成本抗干扰空天通信

## 2 荒野户外无网环境便携光通信

## 3 视频内隐藏信息通信

## 4 任意视觉可达环境下的便携隐秘通信

- ◆ 场景及影响力：作为常规无线电通信的重要补充，作为常见无线激光通信的高性价比补足
- ◆ 服务行业产品：空天通信、应急通信、户外通信、信息安全
- ◆ 技术功能价值：作为以上行业产品的重要低成本补充，需求潜力巨大，按应急或战时的抗干扰通信方法来看，每个人都是潜在用户，应用量级可达到亿级。

主要技术经济要求

序	指标	要求	备注
1	通信抗干扰能力	抗一切常规电磁干扰	和激光通信一样不会被电磁干扰
2	直接照射云层的大范围数据广播	方圆150公里内任意数量接收端	普通中低云层高度推算
3	成本/价格	每套发送端+接收端 小于1000元	小功率便携版本
4	通信时人可以直接感知	通信时人可以直接感知，无需额外通知	应急广播比喇叭喊更远且无需部署

# 1.应用场景及颠覆对象

**颠覆对象：各种常见的电磁信号无网环境通信 定向空天无线电通信**

- ◆ 主要供应商：高功率2.4G通信 Lora等Sub1G远距离通信 各种常用的无线电通信如各种433MHz通信
- ◆ 主要痛点：应急状态下，传统无线通信方法受限严重
  - 电磁信号易被干扰（太阳风地磁暴、战时磁暴弹、各种干扰器、同频干扰串扰等）
  - 需要特定的发射接收设备，紧急情况下可能受限（地震、洪水 基站受损，无线电基站需要应急部署）
  - 紧急情况下，在需要得知通信是否在进行的时候，通信与否 人体无法直接感知（视觉不可见）



# 2.主要目标及战略价值

## 主要目标

从便携低功率可见光通信，发展到较高功率的远距离可见光通信（空天通信）。

## 主要技术经济指标目标

序	指标	要求	(颠覆对象1)	(颠覆对象2....)	项目当前水平	项目潜力
1	通信抗干扰能力	抗一切常规电磁干扰	无线电和网络通信		已达成	
2	直接照射云层的大范围数据广播	方圆150公里内任意数量接收端	普通无线电广播	喇叭广播	软件已达成 硬件待研发落地	
3	成本/价格	每套发送端+接收端 小于1000元	传统激光通信	无网环境普通无线电通信	已达成 待优化	人人都可以使用, 数量级达亿级
4	通信时人可以直接感知	通信时人可以直接感知, 无需额外通知	手机短信通知		已达成	
5	可远距离空天通信	低轨卫星夜间直达大气层内	传统激光通信	传统无线电通信	待研发落地	夜间卫星广播通信的新方式
6	可作为人工智能教学典型案例				待细化	跨学科AI应用的典型案例

## 2.主要目标及战略价值

### 主要创新点

- ◆ 目前世界上**无同类的低成本无线可见光通信项目**，常见的无线光通信要么成本很高（常规空天激光通信的发射接收器较为昂贵），要么应用范围很窄或较为低效（船舶等信号灯打摩斯电码通信效率极低）。而本方案在极低的硬件成本下可以实现可靠的无线光通信（普通调色灯能发射，手机摄像头都能接收）。
- ◆ 将**AI机器视觉算法模型跨界应用到了通信领域**，成功解决了 环境光去除、降噪、自动寻找通信目标、自动适配通信速率。
- ◆ 系统可调整的动态参数多，可以**随时适配不同的调色灯和变频激光器**。
- ◆ 系统可以**自适应所使用的接收端摄像机**，不需要进行人工的参数调整和程序干预。

## 2.主要目标及战略价值

### 重要影响

#### ◆ 战时的抗干扰通信能力

磁暴弹、电磁干扰器等 **一切干扰常规电磁通信的方法，无法对本通信方法产生任何影响。**

#### ◆ 应急时的便携快速通信能力

**可便携**，无需基站部署，**对天广播接收范围大（方圆150-400公里）**，  
接收器可以使用**任意带有摄像头的设备**，例如 **手机（断网也可以使用）**。

# 4.主要任务与实施计划

以大规模生产及大范围应用为总体目标，分 3 期实施，预计 1 年，总投入约 90 万元。

序	分期	时间/月	资金/万元	主要目标和重点任务	备注
1	一期	3	20	便携通信设备改进、户外应用、智能玩具	
2	二期	6	40	更远距离的高功率通信设备	
3	三期	3	30	市场推广和技术改进（前述技术问题）	
X	合计	12	90		

# 4.主要任务与实施计划

## 团队核心人员及分工

序	姓名	所在单位	学位	职称	专长	职责	本项目中的主要任务
1	贾方旭	北京栗子树科技有限公司 美国迈阿密大学	PhD 在读	无	全栈工 程师	项目负 责人	数学物理方法、核心算法研发
2	刘蒙恩	北京栗子树科技有限公司	硕士	无	全栈工 程师	助理	配套的周边软件、电路硬件与机械结构研发
3	边璐豪	北京栗子树科技有限公司	无	无	全栈工 程师	助理	配套的周边软件、机械结构研发
4	徐锦涛	北京栗子树科技有限公司	无	无	硬件工 程师	助理	配套的机械结构研发

贾方旭 00后，技术与科研爱好者，跨学科全栈工程师。医学、计算机跨专业。

刘蒙恩 80后，技术与科研爱好者，28年软硬件研发经验，跨学科全栈工程师。通信、计算机、自动化跨专业。

边璐豪 05后，自动化技术爱好者，跨学科全栈工程师。计算机、机械跨专业。

徐锦涛 05后，制图创意爱好者，硬件工程师。

# 4.主要任务与实施计划

## 资金需求及筹资计划

已到位资金 5 万元，尚未确定资金 85 万元。

产品规划：

从低功率便携户外应急通信器材，逐步扩展为空天领域的可组网高功率高效光通信方案。

1. 手机电脑光通信模拟程序（借助屏幕颜色直接互相通信）
2. 户外通信多功能手电筒
3. 远距离云层下可见光通信
- // 4. 卫星到地面的可见和红外激光通信

# 5.主要风险与应对措施

序	类别	说明	应对措施
1	[市场风险]	暂无	
2	[技术风险]	暂无	
3	[投资风险]	暂无	
4	[其他风险]	暂无	

**无风险**



敬请批评指正!

谢谢!