

# 中兴通讯产学研合作论坛

## 基金项目详细说明

### (2023 年)

说明：本说明仅限中兴通讯产学研合作论坛成员单位及其他特定合作单位内部使用，未经中兴通讯书面同意，不得以任何方式传递给第三方。

## 目 录

一、无线通信技术.....	4
2023ZTE01-01 课题名称: 超大宽带数字发射机.....	4
2023ZTE01-02 课题名称: 低复杂度非线性处理算法研究.....	4
2023ZTE01-03 课题名称: 低复杂度的压缩感知技术研究.....	5
2023ZTE01-04 课题名称: 多天线上行覆盖增强.....	6
2023ZTE01-05 课题名称: 5G 工控网络云化 PLC 及 TSN 技术合作.....	7
2023ZTE01-06 课题名称: 超大规模天线阵技术研究.....	8
2023ZTE01-07 课题名称: 面向下一代无线网络的语义编码技术.....	9
2023ZTE01-08 课题名称: 4D 毫米波雷达底层数据级融合感知系统.....	11
2023ZTE01-09 课题名称: 无线供能技术与极低能耗下的 IoT 传输技术研究.....	11
2023ZTE01-10 课题名称: 智能波束可重构天线技术研究.....	12
2023ZTE01-11 课题名称: 下一代无线网络 AI 物理层技术研究.....	13
二、网络及光传输技术.....	14
2023ZTE02-01 课题名称: 1x32 WSS 关键技术研究.....	15
2023ZTE02-02 课题名称: 无源光网络带内智能诊断 OLT DSP 算法研究.....	16
2023ZTE02-03 课题名称: 多维调制和 FEC 联合的 DSP 技术.....	17
2023ZTE02-04 课题名称: 基于平面光波导滤波器 ODN 可视化新颖分光器.....	17
2023ZTE02-05 课题名称: 基于运维知识图谱的故障分析技术研究.....	19
2023ZTE02-06 课题名称: 面向网络计算的 AI 编译器技术研究.....	20
2023ZTE02-07 课题名称: 数字孪生中的网络仿真关键技术研究.....	21
2023ZTE02-08 课题名称: 资源受限场景下路径计算算法优化研究.....	22
2023ZTE02-09 课题名称: 通用泛在时变网络 TCP/IP 仿真系统研究.....	23
2023ZTE02-10 课题名称: C+L 一体光放大器研究.....	25
三、多媒体技术.....	25
2023ZTE03-01 课题名称: 3D 虚拟数字人快速生成及肢体动作驱动算法研究.....	25
2023ZTE03-02 课题名称: 基于机器视觉的图像质量自动评价系统.....	27
2023ZTE03-03 课题名称: 皮带检测场景下的小样本目标检测技术研究.....	29
2023ZTE03-04 课题名称: 大场景下采用神经辐射场 (Nerf) 实时三维重建.....	30
2023ZTE03-05 课题名称: 低延迟高可靠视频传输关键技术研究.....	31
2023ZTE03-06 课题名称: 基于深度学习的 3D 目标识别定位技术研究.....	32
2023ZTE03-07 课题名称: 视频算力调度关键技术研究.....	32
2023ZTE03-08 课题名称: 视频透雾增透技术研究.....	33
2023ZTE03-09 课题名称: 综采面视频动态拼接技术研究.....	34
四、集成电路技术.....	35
2023ZTE04-01 课题名称: 多核并发查表算法技术研究.....	35
2023ZTE04-02 课题名称: 可编程网络处理器指令集及工具链研究.....	36
2023ZTE04-03 课题名称: 宽带高集成 CMOS 射频前端技术研究.....	37
2023ZTE04-04 课题名称: 基于 GaAs 工艺毫米波芯片技术研究.....	38
2023ZTE04-05 课题名称: 下一代无线网络太赫兹 IC 设计方法和关键技术.....	39
五、能源技术.....	39

2023ZTE05-01 课题名称: 交流变换关键技术研究.....	39
2023ZTE05-02 课题名称: 浸没式单相液冷工质技术研究.....	41
2023ZTE05-03 课题名称: 电池安全检测与预警关键技术研究.....	42
2023ZTE05-04 课题名称: 电力电子变换中 EMC 设计关键技术研究.....	43
2023ZTE05-05 课题名称: 高频磁性器件损耗的高精度计算.....	45
2023ZTE05-06 课题名称: 微网最优潮流计算关键技术研究.....	46
2023ZTE05-07 课题名称: 单入多出 DC/DC 变换器关键技术研究.....	47
2023ZTE05-08 课题名称: 开关电源近场泄漏特性与优化技术研究.....	47
<b>六、可靠性技术.....</b>	<b>48</b>
2023ZTE06-01 课题名称: MOS 管 EOS 失效机理及其可靠性分析.....	48
2023ZTE06-02 课题名称: TIM1 材料应用失效机理及可靠性选用研究.....	49
2023ZTE06-03 课题名称: 铝基 VC 毛细结构与两相流热控技术仿真分析技术研究.....	50
2023ZTE06-04 课题名称: 高效风机技术研究.....	51
2023ZTE06-05 课题名称: 自启停背景下焊点温循寿命解决方案研究.....	52
<b>七、终端技术.....</b>	<b>53</b>
2023ZTE07-01 课题名称: 嵌入式机器视觉小体积低成本缺陷检测传感器研究.....	53
2023ZTE07-02 课题名称: 基于特征模理论的终端天线技术研究.....	54
2023ZTE07-03 课题名称: 面向移动端的散景渲染算法研究.....	55
<b>八、安全技术.....</b>	<b>56</b>
2023ZTE08-01 课题名称: 面向算网融合的跨域安全调度和协同防护.....	56
2023ZTE08-02 课题名称: 下一代无线网络轻量级内生安全技术研究.....	58
2023ZTE08-03 课题名称: 5G+工业互联网云边端协同数据共享安全技术研究.....	59
<b>九、数据库技术.....</b>	<b>60</b>
2023ZTE09-01 课题名称: 安全数据库技术研究.....	60
2023ZTE09-02 课题名称: 分布式嵌入式多模数据库技术研究.....	61
2023ZTE09-03 课题名称: 面向实时数据分析的湖仓融合查询优化器.....	62
<b>十、数字技术.....</b>	<b>63</b>
2023ZTE10-01 课题名称: 信息防泄漏的暗水印图像算法.....	63
2023ZTE10-02 课题名称: 供应链业务建模和运筹优化算法.....	64

## 一、无线通信技术

### 2023ZTE01-01 课题名称：超大宽带数字发射机

#### 合作内容：

PowerDAC 架构目前的局限性就是输出功率较小，效率与传统架构对比收益不是很高，所以需要分析下面几个技术点：

1. sub15G 频段，PowerDAC/其他数字发射机架构+GaN/LDMOS 架构，带宽实现 1G，输出功率 5W；
2. sub40G 频段，PowerDAC 实现带宽 4G，输出均值功率 0.1W；
3. PowerDAC/器件数字发射机芯片需要整机系统外围配合的要求。

#### 预期目标：

1. 2023 年目标：研究 sub40G 超大带宽数字发射机技术；
2. 2024-2025 年目标：研究 sub14G 超大带宽数字发射机技术。

#### 指标要求：

1. sub40G：工作频段：20G-70G；工作带宽：4G；输出功率： $\geq 0.1W$ （均值）
2. sub14G：工作频段：5G-7.5G；工作带宽：1G；输出功率： $\geq 5W$ （均值）

#### 交付物：

调研报告、仿真报告、原理图 PCB、对外围系统的要求等。

#### 期望期限：

Sub40G：期望交付时间 2024 年 Q1；

Sub14G：期望交付时间 2025 年 Q4。

### 2023ZTE01-02 课题名称：低复杂度非线性处理算法研究

#### 合作内容：

随着 sub-6G 技术的演进与发展，无线通信系统中射频信号处理算法（例如非线性校正处理）需求增多，且复杂度急剧增大，这对算法算力、算法实现资源及功耗提出更大挑战。因此，亟需研究低复杂度的非线性处理算法，要求：在保持甚至提升算法性能的前提下，大幅度地降低算法复杂度（包括计算复杂度及实现资源），至少有约 30%的复杂度减少。

主要研究内容包括但不限于以下：

1. 高效的矩阵处理方法：无线通信中很多算法涉及大量的矩阵运算，矩阵乘法运算本身需占用较多的计算算力、实现资源，耗费大量运算时间，需研究高效、简单的矩阵处理方法，例如运算近似、降秩处理等，在性能不变前提下以此降低整体的算法复杂度；

2. 模型量化方法：探究有效的数据量化方法，研究数据量化与算法性能之间的函数约束关系，以较小的精度损失代价获取较高的性能。

**预期目标：**

**指标要求：**

与传统算法相比，计算复杂度降低 30%-40%；非线性处理算法计算量降低 40%；非线性处理算法耗费的硬件实现资源降低 30%。

**交付物：**

1. 输出模型量化与算法性能之间关系推导分析及仿真结果；
2. 输出大规模矩阵乘法复杂度优化方案；
3. 输出低复杂度非线性处理算法整体方案、性能仿真报告、资源开销对比；
4. 输出低复杂度非线性处理算法优化方案；
5. 输出一篇技术发明专利。

**期望期限：**

1 年。

## 2023ZTE01-03 课题名称：低复杂度的压缩感知技术研究

**合作内容：**

压缩感知（Compressed Sensing）是信号处理理论中突破采样/分辨率瓶颈的重要技术手段。历经多年的发展，压缩感知技术已经深入多个不同的研究领域，并触发多轮积极和全面的技术讨论。尽管在理论层面具备明显的技术优势，但相关恢复算法的计算复杂度阻碍了它的大规模商业化应用。鉴于工程应用的重要性，我们寄希望于本研究课题可以完全/部分解决压缩感知算法的计算复杂度问题。其中，感兴趣的研究方向和内容包括但不限于：

1. 无网格（Off-Grid）的压缩感知算法研究；
2. AMP 等低复杂度算法的增强；

3. 分布式/并行处理算法在压缩感知技术中的应用；
4. 基于新的（确定性的）结构特征的低计算复杂度算法。

## 预期目标：

在准确度满足要求的前提下，建议算法在工程上可实现。

## 指标要求：

计算复杂度/时间相对 AMP 等已知方法下降 90%左右。

## 交付物：

技术方案。

## 期望期限：

2 年。

## 2023ZTE01-04 课题名称：多天线上行覆盖增强

### 合作内容：

在 5G 系统中，上行覆盖能力是非常重要的技术指标。当终端处于小区的边缘时，上行接收信号会变得很弱，并且可能会受到较强的邻区干扰，导致解调性能很差，进而体现为上行覆盖能力受限。为了进一步提升系统的上行覆盖能力，我们希望通过多天线基带信号处理算法的突破，提升系统的解调灵敏度和抗干扰能力。算法的突破有两条思路，一条思路是提出新的高性能算法，提升系统性能，另一条思路是对现有的高性能但复杂度较高的算法进行简化，将省下的算力用于在系统中添加其他算法，进而提升系统整体性能。对于第一条思路，我们主要关心整个上行链路的性能提升，对提出的新的高性能算法没有模块的限制，符号级处理和比特级处理算法的突破均可。对于第二条思路，我们希望在性能损失可接受的前提下，大幅降低实现复杂度。

综上所述，期望通过合作提升上行解调算法的性能，或者减小高性能复杂算法的开销，具体如下：

1. 提出新的上行多天线解调算法，相对常用的解调算法（如 MMSE，SD（球形译码）等），在同等强度的信号和干扰条件下，上行链路整体解调性能提升 2dB 以上；

2. 对已有的高性能但复杂的多天线解调算法（如 ML，SD 算法）进行简化，在不损性能或者性能损失很小的情况下实现该算法，减少实现开销。简化算法性

能损失要求在 1dB 以内，开销要缩减为原来的 1/4 以上。

**预期目标：**

**指标要求：**

如果选择性能提升方向，则要求整体解调性能提升 2dB 以上。如果选择降低复杂度方向，则要求在保证性能损失小于 1dB 的前提下，算法复杂度缩减为原来的 1/4 以上。

**交付物：**

论文、专利、研究报告若干。

**期望期限：**

1 年。

## 2023ZTE01-05 课题名称：5G 工控网络云化 PLC 及 TSN 技术合作

**合作内容：**

基于 5G 超高可靠低时延特性、TSN 时延敏感网络、及云化 PLC 技术三者深入融合的 5G-A 工控专网，将为智能工厂提供虚拟化、网络化、智能化一体的解决方案。将极大推动 5G 深入工业现场核心领域，是打破传统制造金字塔结构，解决工业控制协同、网络互联、数据互通难题，成为工业互联网时代使能工业与 ICT 深度融合的关键手段。

**合作方向和内容（可选）：**

1. 提供云化 PLC 相关的应用软件、原型验证、调研分析报告；
2. 提供 TSN 软硬件；
3. 完成与工控算力底座产品集成，提供基于云化 PLC、TSN 环境的 AI。应用与集成。

**预期目标：**

2023 年目标：完成工控算力底座产品集成，完成技术应用。2024 年目标：完成规模应用、生态能力开放。

**指标要求：**

1. 技术指标：端到端时延 10ms、可靠性 99.999%、工控周期 4ms；
2. 应用指标：完成 1-2 个技术落地。

**交付物：**



1. 实时操作系统、云化 PLC 运行环境 RTE 及应用软件；
2. TSN 软硬件；
3. AI 应用软件；
4. 提供可独立交付的 vHMI（基于移动终端 web 架构的 HMI 方案）。支持北向 OPC-UA、MQTT、ModbusTcp、SOE 等。

期望期限：

1 年。

## 2023ZTE01-06 课题名称：超大规模天线阵技术研究

### 合作内容：

对于未来的无线通信物理层，主要提升性能的方式是增加频域的带宽和进一步开发空域资源。开发空域的主要途径是提升空间资源利用率和增加阵列的规模。但是支持超大的阵列规模面临一系列问题，比如：“近场极化信道模型、阵元间互耦模型、信道空间非平稳特性建模都不够准确”，“超大规模阵列通信在远场和近场情况，单径及多径环境中的增益极限和自由度极限是什么，是否有突破可能”，“超大阵列的高成本问题如何应对”，“极窄波束带来的导频开销和波束鲁棒性问题如何解决”。

合作方向和主要内容包括以下 4 个方面，可选择其中至少两项进行合作

### 1. 超大规模 MIMO 近场极化信道特性及非平稳信道研究；

结合现代计算电磁场理论以及信息理论的分析方法，从麦克斯韦方程、并矢格林函数出发，推导给定电流分布对应的电磁场传播函数，分析电磁波信号的传播及散射、调控、极化机理，建立更准确的超大规模 MIMO 近场极化信道模型，并考虑阵元间互耦和非平稳特性影响。能够基于该模型进行更准确的超大规模 MIMO 增益、空间复用自由度和通信容量分析。

### 2. 基于透射的低成本超大规模 MIMO 收发机设计；

研究如何利用低成本的方式来实现与超大规模的收发机，并具有可接受的性能损失。候选技术包括但不限于龙伯透镜、罗特曼透镜等在基站中的应用，以及少量馈源结合透射 RIS 的低成本替代方案等。

### 3. 超大规模 MIMO 阵列的物理极限：阵列增益和自由度上界突破；



研究在远场和近场，单径及多径假设下超大规模阵列的增益极限和分辨率/自由度的极限，对超分辨率 SR 理论与超方向性 SD 理论进行探索并进行可实现性分析，研究空间高频分量(Evanescence wave)的利用方法，给出分析结论和未来研究建议。

#### 4. 低导频开销低时延的超大规模 MIMO 的极窄波束训练设计。

充分利用无线信道的特征，优化超大规模远场极窄波束和近场波束训练，显著地减少训练导频开销和波束训练时间，并实现近远场、单径和多径场景的统一设计。

#### 预期目标:

合作的预期目标包括其中至少两项。

1. 给出更准确的超大规模 MIMO 近场极化信道模型，并考虑阵元间互耦和非平稳特性影响；
2. 给出低成本的超大规模 MIMO 收发机的实现方案及关键设计；
3. 给出超分辨率 SR 理论与超方向性 SD 可行性分析报告及未来的研究建议；
4. 给出低导频开销低时延的超大规模 MIMO 的极窄波束训练方案。

#### 指标要求:

1. 基于透射的低成本超大规模 MIMO 收发机设计；

相对传统基于移相器的相控方案成本可大幅节约成本，增益损失不超过 5dB，支持同时传输的用户数目 $\geq 4$

2. 低导频开销低时延的超大规模 MIMO 的极窄波束训练设计；

相比于 5G 中的波束训练方法，导频开销降低 50%以上。

3. 其它：非确定性技术，无确定性的可达指标参数。

#### 交付物:

合作论文 2~3 篇；研究报告 1 篇；技术方案文档 2 篇；仿真平台 1 套；专利 1 篇(可选)。

#### 期望期限:

1 年。

2023ZTE01-07 课题名称：面向下一代无线网络的语义编码技术

#### 合作内容:

研究基于 AI 的语义编解码和语义通信的基础理论及关键技术。其中基础理论包括但不限于如下问题：基于文本、语音、图像等多种信息形式的语义特征研究；针对不同信息形式的语义编码压缩理论研究；结合语义特征的信源信道联合编码传输研究；语义特征与信道状态信息的联系与区别；不同信道对语义特征传输的影响，尤其是基于信道状态信息的语义解码与语义推理研究；语义通信系统编解码联合优化等。其中关键技术主要包括：基于文本、语音、图像的语义编解码实现；基于多种信息形式的知识库搭建；信源信道联合编解码实现方法；针对语义编码的调制与信道传输方案；针对不同信道的信道状态信息提取机制；信道状态信息与语义特征相结合的系统编解码联合优化方法；基于多种信息形式的语义恢复评价指标等。

#### **预期目标：**

预期目标主要为解决相应理论难题，厘清经典通信与语义通信关系，明确语义编码与信道编码之间的联系与区别，澄清信道状态信息在语义解码与语义推理中所起的作用，解释语义通信系统联合优化的可行性，最终实现相对成熟的语义通信系统，对比观察基于 AI 的语义通信优势。

#### **指标要求：**

搭建一套完整的语义通信系统，实现语义通信的一些关键功能，比如语义编解码、信道状态信息提取、知识库搭建等。更进一步地，该系统能够用于传输多种不同形式的信息，将其语义特征加以融合，实现更高维度的通信，比如文本与图片相结合。在典型无线场景下，对比验证所提出的语义通信方案相比传统通信方案的优势。

#### **交付物：**

对于基础理论研究，需要撰写相应的研究报告，报告需要阐明语义通信与经典通信的区别，解释语义通信中系统联合优化机制，澄清语义特征、知识库、信道状态信息之间的联系与区别，解决上述基础理论研究的关键性问题，明确未来研究方向等；

对于关键技术，需要实现相应的语义通信仿真平台，该平台应该实现多种信息形式的语义通信，多种参数可调，多种功能完整等；

被国内外公开刊物录用的学术论文 1 篇。

期望期限：

1 年。

**2023ZTE01-08 课题名称：4D 毫米波雷达底层数据级融合感知系统**

**合作内容：**

在分布式架构 4D 毫米波雷达系统上，利用雷达的底层数据(CFAR 之前数据)，使用深度学习等高性能方法在高算力平台上，实现 MAP 输出与动态和静态目标检测与跟踪，以及道路边缘和可行驶区域检测。

**预期目标：**

突破基于雷达底层数据融合的关键技术，能输出技术方案，数据集和算法模型，并在实际雷达系统上运行测试，达到技术目标要求。

**指标要求：**

相比普通 4D 毫米波雷达，实现目标检测能力提升 50%。

**交付物：**

方案文档、数据集、算法软件源码（包括模型及训练评估代码）、硬件测试平台、测试报告、专利文献。

期望期限：

1 年。

**2023ZTE01-09 课题名称：无线供能技术与极低能耗下的 IoT 传输技术研究**

**合作内容：**

在极低终端功耗（几微瓦到几十微瓦（反向散射，无功放），几百微瓦到几毫瓦（可产生信号，有 RF））条件约束下，研究如下内容：

1. 前向链路和反向链路覆盖增强方案研究；
2. 低复杂度的编码和波形研究；
3. 针对极低能耗终端的定位方案研究；
4. 前向链路和反向链路多用户复用方案研究；
5. 无线供能传输效率提升方案研究。

**预期目标：**

研究基于蜂窝网络的极低能耗 IoT 传输技术，输出技术方案，并提供详细的理论分析和仿真验证，达到技术的性能要求。

指标要求：

完成以下至少两个方面指标：

1. 覆盖增强方面，相比 RFID 现有技术，显著提升通信距离；
2. 编码和波形方面，在极低能耗和复杂度前提下，相比 RFID 现有技术，提供更高可靠性的编码和调制方案；
3. 定位方面，提出针对极低能耗终端的定位方案；
4. 复用方面，在极低能耗和复杂度前提下，提出可行的多终端并行传输方案，相比 RFID 现有技术，提高时频效率，增加终端连接数量；
5. 无线供能方面，完成基于电磁波的无线充能技术研究，用于物联网终端的无线充能。

交付物：

业界动态报告、技术分析报告、有影响力的论文、过程 ppt 或讨论文稿

期望期限：

1 年。

## 2023ZTE01-10 课题名称：智能波束可重构天线技术研究

合作内容：

在如下方向开展合作：

1. 多天线系统高稳定可重构技术，多频段多天线系统中，天线密度大，相互影响大，需要保证各频段多天线可重构性能具有一致性和稳定性；
2. 器件极简可重构技术，可重构技术在实际应用时需要考虑降低复杂度，提高可应用性，在保证波束可重构要求的前提下，尽可能少的使用可调器件；
3. 小型化可重构技术，在实际应用中，对天线口径有严格要求，一方面为了减小不同天线间互耦，另一方面也要保证在有限的空间下布置满足要求的天线数量。需要在保证可重构性能的同时，对可重构天线进行小型化设计；
4. 宽带方向图可重构技术，在实际应用时，要求整个工作频段内可重构方向图的状态具有高一致性和高稳定性。

预期目标：

1. 完成宽窄波束切换的可重构天线设计；
2. 完成全向波束与多定向波束切换的可重构天线设计；
3. 完成波束可重构天线相关技术验证。

指标要求：

1. 宽窄波束切换；

工作频段：2515MHz~2675MHz；天线数量：4；尺寸：200mm（直径）\*10mm（剖面高度）；极化方式：水平极化；实现二维（xoz 与 yoz 两个平面，z 轴为垂直方向）宽波束（波宽： $100^{\circ} \pm 10^{\circ}$ ）与窄波束（波宽： $60^{\circ} \pm 10^{\circ}$ ）切换。

2. 全向波束与多定向波束切换。

工作频段：2515MHz~2675MHz；天线数量：4；尺寸：200mm（直径）\*10mm（剖面高度）；隔离度：25dB；定向波束状态：6 个，实现水平面  $360^{\circ}$  全向覆盖，波束交叠处增益下降小于 3dB，切换过程中 4 个天线波束指向一致；全向模式下，不圆度小于 3dB。

交付物：

仿真模型、仿真报告、技术方案报告、天线样机和专利。

期望期限：

1 年。

## 2023ZTE01-11 课题名称：下一代无线网络 AI 物理层技术研究

合作内容：

AI 技术在自动驾驶，自然语言处理，图像处理等领域广泛应用并取得了显著的成果，是各个行业研究的热点技术。下一代无线网络物理层目前也存在一些难点和痛点，期望在 AI 方向上能够进行深入的探索以显著解决当前存在的问题，主要有以下几个方向：

1. 采用 AI 技术进行信号的解调。当前传统的信号解调流程包括信道估计、均衡、解调、译码等流程，性能相对理想信道估计仍然存在一定的差距。期望引入 AI 技术，解调性能相对传统的解调流程能够取得明显的性能优势或者算法复杂度的降低；

2. 采用 AI 技术对信道 CSI 进行压缩和解压缩。期望压缩和解压缩结果能够相对传统码本（TypeI、TypeII）更加精确，赋形性能更好；

3. 采用 AI 技术对信道 CSI 进行预测。高速移动场景下，基于 SRS 测量的 CSI 无法跟上信道的变化，导致波束赋形性能明显下降。采用卡尔曼或者 RLS 等预测方法能够对信道进行预测，以提升移动场景的性能，但实际效果有限。期望引进 AI 技术进行 CSI 预测，效果相对卡尔曼或者 RLS 等预测方法能够有所提升；

4. 采用 AI 技术进行定位。传统定位方法，在 NLOS 场景下定位误差较大，期望引进 AI 技术能够解决 NLOS 场景下定位精度差的问题；

5. 采用 AI 技术进行赋形权值的计算。多 UE MIMO 场景下，传统赋形算法 ZF 赋形算法性能较差，而 BD 算法性能较好但复杂度较高，期望引进 AI 技术计算赋形权值，在不提升复杂度的情况下，能够相对 ZF 的性能有所提升，或者在性能基本不变的情况下，相对 BD 算法计算复杂度有所下降。

#### **预期目标：**

有以下几个方向，在任意一个方向上达成目标即可：

1. 采用 AI 技术进行信号的解调。解调性能相对传统的解调流程能够提升 3dB 以上，或者算法复杂度的降低至原来一半；

2. 采用 AI 技术对信道 CSI 进行压缩和解压缩，期望压缩和解压缩结果能够相对传统码本（TypeI、TypeII）在相关性上提升 0.1 以上；

3. 采用 AI 技术对信道 CSI 进行预测。期望引进 AI 技术进行 CSI 预测，效果相对卡尔曼或者 RLS 等预测方法在前后时间相关性提升 0.1 以上；

4. 采用 AI 技术进行定位，期望引进 AI 技术在 NLOS 场景定位精度 0.1m；

5. 采用 AI 技术进行赋形权值的计算。多 UE MIMO 场景下，传统赋形算法 ZF 赋形性能较差，而 BD 算法复杂度较高，期望引进 AI 技术计算赋形权值，能够相对 ZF 的性能有所提升或者相对 BD 计算复杂度有所下降。

#### **交付物：**

论文、专利、调研报告、仿真报告若干。

#### **期望期限：**

1 年。

## **二、网络及光传输技术**



## 2023ZTE02-01 课题名称：1x32 WSS 关键技术研究

### 合作内容：

WSS（波长选择开关）是光层波长业务交叉、灵活调度核心器件，不可替代，成本高，决定相干传输光路系统竞争力。WSS 技术难点主要包括 WSS 物料多选型难、光路设计和 LCOS 控制算法复杂、带宽隔离度插损指标难兼得。我们在 2023 年拟启动 1x32WSS 模块化样机开发产学研合作课题，将针对以上技术难点进行攻关研究，力争突破 WSS 关键技术点：1）尺寸受限下的光路设计；2）LCOS 特性表征、校正及控制算法；3）关键性能指标联合优化。最终实现 WSS 样机关键性能指标接近商用水平（见下方指标要求）。

### 产学研合作内容及输出物主要包括三个方面：

1. WSS 样机整体光路设计方案，完成尺寸受限下的光路设计和器件选型，输出方案设计仿真和器件选型文档；
2. LCOS 特性表征、校正及控制算法，实现 WSS 样机端口切换、波长调度、衰减调节和灵活栅格功能，输出相关程序和技术说明文档；
3. 研制完整 WSS 盒式样机，完成关键性能指标联合优化，要求最终性能指标满足下方指标要求，输出 1x32WSS 盒式样机、性能优化技术说明及指标测试报告。

### 预期目标：

完成 1x32 WSS 模块化样机开发，关键性能指标（波段范围，带宽，隔离度等）接近商用水平。

### 指标要求：

目标交付物：1x32 WSS 模块样机；

端口数：1 Com（可另含 1 个环回口）+32add/drop Ports；

工作波段要求：190.6375THz-196.675THz；

尺寸：以商用模块（185mmx110mmx20mm）为参考，可适当放宽；

实现如下功能演示：端口/波长切换、衰减调整、灵活栅格；

其余指标方面应至少满足 WSS 国家标准。

### 交付物：

1. 1x32 WSS 模块化样机，关键性能指标（波段范围，带宽，隔离度等）通过验收；

2. 与交付样机配套的测试报告；
3. 器件选型与方案设计仿真文档；
4. 技术说明文档；
5. 关键功能控制算法程序与文档。

期望期限：

1 年。

## 2023ZTE02-02 课题名称：无源光网络带内智能诊断 OLT DSP 算法研究

### 合作内容：

利用 PON 信号本身特征变化，解决以下两个问题：

1. ONU 与分光器端口连接关系可视化，以及分支光纤故障定位；
2. PON 网络光信道质量健康度智能监测。

研究主要在下面两点：

1. 研究基于上/下行光信号 DSP 信号处理技术的可视化 ODN 和全网故障诊断方案以及 DSP 算法

2. 研究基于上/下行光信号实现光链路信道质量智能监测和故障定位方案和 DSP 算法，光链路信道质量包含光器件的健康度，光信道健康度，例如 SNR，BIP 劣化预测等。

### 预期目标：

采用带内光信号 DSP 处理技术，实现

1. ODN 网络端到端连接（含分光器分光比）可视；
2. 主干光纤和分支光纤故障定位，主干和一级分光光纤定位精度到几 m 级，二级分光光纤可识别故障类型；
3. 光链路信道质量劣化预测，包含光器件的健康度，光纤信道健康度，例如 SNR，BIP 劣化预测等。

### 指标要求：

1. 算法性能支持 35dB 等级 ODN 网络；
2. 算法覆盖 10G PON 和 50G PON 场景需求；

3. 主干和一级分光光纤定位精度到几 m 级；
4. PON 网络光链路信道健康度预测以及定位准确率达 95%以上。

交付物：

提交技术方案报告，算法代码，实验论证分析报告，申请专利 1~2 项。

期望期限：

1 年。

## 2023ZTE02-03 课题名称：多维调制和 FEC 联合的 DSP 技术

**合作内容：**

多维调制格式是一种以综合优化利用正交偏振波长空间等光波物理维度资源为目标，将先进的高阶调制，星座整形与前向纠错技术（FEC）相结合，根据信道特征进行多维度联合设计实现全局优化的先进 DSP 技术。其中，调制可以通过增加调制阶数或者星座整形来提高信息的传输效率；FEC 则利用高效的编码方法来降低信噪比要求，从而提高信号对信道损伤的容忍度。编码和调制两者相辅相成互相促进。通过联合利用多维度来进行编码调制联合设计和优化还可以有效抑制光纤非线性效应，将解决非线性光纤信道信噪比恶化严重等问题提供一种有效手段，进而不断逼近非线性最大可达信道容量。

**预期目标：**

1. 正交、偏振、时隙等多维联合的高维调制设计；
2. 多维信号的光纤信道的可达容量分析；
3. 多维度联合高阶调制设计；
4. 基于 4D 非线性模型的四维调制格式设计；
5. 面向软判决 FEC 的多维调制软信息的估计。

交付物：

报告、论文以及相关代码；代码包含 4D 非线性模型的代码以及相关高维调制格式的仿真代码。

期望期限：

1 年。

## 2023ZTE02-04 课题名称：基于平面光波导滤波器 ODN 可视化新颖分光器

## 合作内容:

分光器分支增加对光检测信号波长滤波是 ODN 可视化关键技术路径, 要求通过技术合作提供分光器分支增加光检测信号波长滤波方向全面论述, 给出切实可行的实用化解决方案并能够提供符合相关技术规格要求的实物器件。

## 预期目标:

1. 三端口薄膜滤波器与平面光波导光信号传输光路相结合的平面光波导三端口滤波器阵列模块设计;
2. 普通分光器通过插入平面光波导三端口滤波器阵列模块的分光器实物器件;
3. 普通分光器, DWDM 模块和平面光波导三端口滤波器阵列模块的新颖分光器实物器件;
4. 新颖分光器技术工艺难点, 包括技术的可获得性, 与现有分光器工艺的兼容性;
5. 新颖分光器技术的工作波长的温度稳定性, 器件的可生产性;
6. 新颖分光器技术的商用化开发的封装工艺, 器件插损评估。

## 指标要求:

1. 三端口薄膜滤波器与平面光波导光信号传输光路相结合的平面光波导三端口滤波器阵列模块;
2. 普通分光器通过插入平面光波导三端口滤波器阵列模块的分光器实物器件;
3. 普通分光器, DWDM 模块和平面光波导三端口滤波器阵列模块的新颖分光器实物器件;
4. 插入损耗 0.5dB, 对小于 1550nm 的业务波长的隔离度为 50dB。

## 交付物:

1. 报告: 新颖分光器理论研究报告;
2. 报告: 新颖分光技术实施技术方案报告;
3. 系统: 采用的 ODN 可视化系统的仿真报告和实验测试报告;
4. 器件: 新颖分光器样品以及相关设计方案、器件和系统等。

## 期望期限:

1 年。

**2023ZTE02-05 课题名称：基于运维知识图谱的故障分析技术研究****合作内容：**

运维知识图谱的构建和应用，包括运维知识图谱的本体构建、知识挖掘、快速图谱构建和更新、知识推理和案例推荐，用于网络故障的根因分析和故障修复预案的推荐。其中，本体构建和知识挖掘为课题核心。

1. 运维知识图谱本体构建，在中兴业务专家支持下，完成运维知识图谱 schema 定义，包括图谱节点、节点属性、节点间关系；
2. 知识挖掘，利用知识抽取算法，从故障数据、产品手册、故障案例等结构化、半结构化、非结构化数据中进行知识抽取，获取图谱构建所需知识；针对抽取的知识进行实现对齐、类型对齐、属性对齐，建立知识之间的关联关系；并对获得的知识进行融合，以减少知识库冗余；
3. 运维知识图谱的快速构建/更新，进行图数据库的分析和选型，研究图谱快速构建技术，能够实现运维知识库的快速构建和更新；
4. 运维知识图谱的应用，构建知识推理框架，自动分析智能故障数据间的传播关系，推理出故障的根因和解决方案；同时，在故障分析诊断过程中，进行相似案例的推荐，支撑运维人员故障处理。

**预期目标：**

1. 构建运维知识图谱体系，实现本体构建、知识挖掘、图谱构建、图谱应用；
2. 针对承载网智能故障场景，构建机器可理解与使用的、集中的运维知识库；
3. 利用构建的运维知识图谱，进行知识推理，支撑故障识别、根因分析、解决方案和相似经验推荐。

**指标要求：**

1. 故障运维知识图谱的规模：能够覆盖承载网智能故障的重要故障场景，包括网元故障、单板故障、接口故障、业务故障，具体比如网元离线/单板 CPU 利用率越限/温度越限/链路中断/光模块收发光越限/端口误码/隧道 LOC/L3VPNPEER 等；
2. 故障运维知识图谱的质量：即错误事实占总事实的比例，体现在应用上

就是基于知识图谱的故障识别、故障根因分析、故障方案推荐的准确率>90%;

3. 故障运维知识图谱的更新及时性有消息: 知识可由系统自动训练生成, 基于可信任的智能模型, 使知识演进过程可解释/可追溯, 模型要求可高效泛化。

交付物:

1. 调研报告, 系统设计文档;
2. 关键技术穿刺报告, 专利, 论文;
3. 知识图谱挖掘和推理原型系统软件。

期望期限:

1 年。

## 2023ZTE02-06 课题名称: 面向网络计算的 AI 编译器技术研究

合作内容:

随着可编程交换芯片的发展, 网络设备也具有了一定的计算能力, 将 AI 算法卸载到网络设备, 可以充分利用网络设备中的空余资源进行计算, 从而降低计算延时、提升吞吐量。另一方面, P4 语言自 2014 年诞生以来发展迅速, 已经建立起完整的生态, 在学术界和工业界均获得广泛的应用, 已经成为网络数据面编程事实上的标准语言, 但目前的 TVM 等 AI 编译器框架后端还不支持 P4 语言。

本课题需要设计并实现已训练好 AI 模型到 P4 程序之间转换的 AI 编译器。

预期目标:

设计并实现可运行的 AI 推理模型到 P4 程序的编译器。

指标要求:

1. 支持 tensorflow、pytorch 等主流框架训练的模型;
2. 生成的 P4 程序符合 P416 标准;
3. 编译时间小于 20min。

交付物:

关于 RMT 和 RTC 两种交换芯片架构可支持的 AI 模型的研究、分析、论证报告、编译器设计方案、编译器源代码、编译器测试验证报告。

期望期限:

1 年。



## 2023ZTE02-07 课题名称：数字孪生中的网络仿真关键技术研究

### 合作内容：

背景：（1）离散事件模拟器是一个拟真都很高，但是运算效率很低的仿真器，与数字孪生的目标是一致的。（2）routnet/deepQNet/xNet 等数据驱动的网络建模，推理精度高，计算效率也很高；但是训练数据很难获取，结果的可解析性差；（3）当前业界一般通过离散事件模拟器生成训练数据，然后用来训练 routnet/deepQNet/xNet 等数据驱动的网络功能模型。但是其存在问题也是大规模网络的训练数据生成效率很低，导致训练样本不够，达不到工程实际使用要求。

### 研究内容：

第一个方向：需要研究一种可解析方法（不需要训练数据），能够达到离散事件网络模拟器生成数据的等效效果，但是效率上至少提升 1000 倍。这样，该方法可以直接取代离散时间模拟器，用于网络高效仿真。

第二个方向：研究一种方法，使用少量训练样本，让 routnet/deepQNet/xNet 模型达到高泛用性高精度效果，适用于各种工程实际网络。

### 预期目标：

第一个方向：研究一种可解析方法（不需要训练数据），能够达到离散事件网络模拟器生成数据的等效效果，但是效率上至少提升 1000 倍。这样，该方法可以直接取代离散时间模拟器，用于网络高效仿真。

第二个方向：研究一种方法，使用少量训练样本（训练样本数少于 100），让 routnet/deepQNet/xNet 模型达到高泛用性高精度效果，适用于各种工程实际网络。

输出一个网络仿真器的原型系统，能够比现有的离散事件网络模拟器效率提升 1000 倍，适用于承载分组设备的各类实际工程网络（网络规模能支持 1 万网元）。

### 指标要求：

能支持 1 万网元的大网络仿真，跟真实网络的时延、流量等网络指标的误差小于 2%，达到业界领先水平。

### 交付物：

网络仿真器的原型系统、网络仿真课题相关专利和论文等。

期望期限：

1 年。

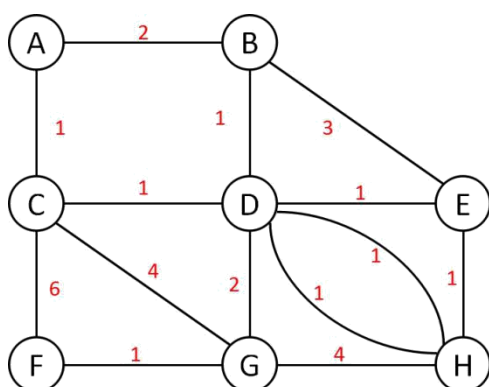
## 2023ZTE02-08 课题名称：资源受限场景下路径计算算法优化研究

合作内容：

在 OTN 网络资源受限场景下，研究实时多业务路径计算与资源分配（RWA）算法优化。

给定的 mesh 组网的 OTN 网络中（节点数不超过 20，每个节点的方向数不超过 20），网络已经建立部分波长业务。拔掉光纤后，断纤上承载的业务需要做集中恢复算法（单纤承载的业务数量不超过 80 条），为受影响的业务分配新的路径和波长资源。计算出的路径，其光信噪比需要满足要求。为将网络影响降为最低，要求恢复成功的业务数量尽可能多，恢复成功的速度尽可能快。

一个典型的网络示例如下图所示：



A、B、C、D、E、F、G、H 站点是 ROADM 站点，站点内可以配置业务板（业务可以作为中继板使用，实现业务的电再生，实现业务的波长转换等功能）。两个 ROADM 之间，存在若干 OLA 站点。图中链路上的数字表明了两个 ROADM 站点之间 OTS 段的数量，一般 ROADM 站间 OTS 段的数量等于 OLA 数量加 1。例如 A 站和 B 站之间存在 2 段 OTS 段，即在 A 站和 B 站之间存在一个 OLA 站点。B 站和 E 站之间存在 3 个 OTS 段，即 B 站和 E 站之间存在 2 个 OLA 站点。

图中的光纤都是双向链路，例如，图上，A 站和 B 站之间存在一条链路，实际是 2 根光纤，一个方向是 A→B，另一根是 B→A。ROADM 站间的 OLA 站点都是双向 OLA 站，即存在 2 个光放大器，实现双向链路的放大。目前，网络中的光放大器，只考虑 EDFA 类型的放大器，暂不考虑拉曼放大和混合放大。

网络中存在大量的已有的双向业务（默认双向业务，下同），例如存在 10 条 A-E 的双向业务，经过 A-B-E 的物理光路。还存在 B-H 的 10 条业务，经过 B-E-H 的物理光路。当网络中 B-E 的光纤中断后（B-E 之间存在 3 段 OTS 段光纤，实际可能只是一根 OTS 段中断），则 20 条双向业务受到影响，需要通过集中算路的方式，为这 20 条业务重新规划可用路径和资源。

随着业务数量增加，该 RWA 算路过程将会变得更加复杂。本课题目标解决这种复杂场景下的路径计算问题。

### 预期目标：

实现波分设备侧算路能力提升，算路速度大幅提升，算法准确率不低于现有算法。

### 指标要求：

算法准确度指标：在所有验收用例上，每次恢复算路中，业务恢复成功数均为最优；算法速度要求：在高校的同个环境上，优化后的算法，较一般算法算法速度提升 20 倍。

### 交付物：

算法设计报告、算法代码源码、算法性能分析报告

### 期望期限：

1 年。

## 2023ZTE02-09 课题名称：通用泛在时变网络 TCP/IP 仿真系统研究

### 合作内容：

通用泛在时变网络包括物联网、空基、星地等多种形式的网络介质接入，尤其通用泛在时变网络具有高成本、长时延、大规模、高动态、异质异构等特点。本课题主要开展通用泛在时变网络关键技术的研究（如组网方案、传输协议、路由协议），同时所研究的技术能在仿真环境上进行验证，确保通用泛在时变网络相关技术仿真的真实性、灵活性和可扩展性，但现有通用泛在时变网络仿真方式，一方面受底层物理网络拓扑限制，不能模拟动态的网络拓扑与时变的链路特性；另一方面受底层节点的固有配置限制，无法支持不同网络协议和多样的节点类型，从国内外技术发展情况看，半物理仿真是实现通用泛在时变网络关键技术测

试评估的重要技术手段，需要研究半物理仿真相关技术，满足通用泛在时变网络特定关键技术（如组网方案、传输协议、路由协议）的可靠性和容量需求的验证。

## 预期目标：

通用泛在时变网络环境复杂多样，通过本课题合作开展对通用泛在时变网络关键技术的研究，同时提供相应的仿真系统，对所设计路由协议进行仿真，验证其性能，并比较其与传统路由机制或算法的优劣性。

合作中所研究仿真技术应支持如下功能：

1. 能够实现各类仿真要素，如节点间动态连接关系、时变链路特性。
2. 能够模拟多种民用卫星星座网络。
3. 能够支持第三方应用跟网络仿真环境融合，如仿真环境支持用户态 TCP/IP 网络操作系统（docker 形式存在）运行，支持真实网络流量的转发。
4. 具备可扩展性，根据用户验证需求，支持加载不同路由机制或算法。同时，可顺应网络技术发展的趋势，扩展新技术新协议仿真，如支持 QoS、网络切片；可扩展仿真规模。
5. 具备对误码率、延迟、网络吞吐量等通用泛在时变网络性能指标的测量能力。

## 指标要求：

最终提交通用泛在时变网络仿真技术应满足如下指标要求：

1. 支持对通用泛在时变网络场景的真实仿真：
  - a. 支持对极轨道民用卫星星座的仿真。
  - b. 支持网络节点数不低于 100 个（包括各类组网节点、接入节点等）的网络场景模拟。
  - c. 支持网络拓扑的动态变化，支持仿真链路特性（误码率、延时、带宽）的时变控制。
2. 接入节点、组网节点均具备运行真实网络协议能力，支持真实数据流转发：
  - a. 支持用户态 TCP/IP 网络操作系统（docker 形式存在）运行，用户态网络操作系统里面有二到七层网络协议，如 ARP、ISIS、OSPF、BGP 等，能在仿真技术验证平台上运行；
  - b. 仿真技术验证平台支持真实数据流转发。

3. 支持对误码率、延迟、网络吞吐量等通用泛在时变网络性能指标的测量。
4. 仿真环境可扩展，能够满足后续仿真需求，如收发包满足 QoS、OAM、网络切片等要求。

交付物：

技术研究报告、专利、仿真系统、论文等。

期望期限：

15 个月。

## 2023ZTE02-10 课题名称：C+L 一体光放大器研究

合作内容：

C+L 一体光放大器属于宽带光放大器，工作波段完全覆盖 C+L 且 C+L 之间没有间隔波道。本课题涉及 C+L 一体光放大器增益光纤研制和 C+L 一体光放大器原型样机研制两部分。需要完成 C+L 一体光放大器增益光纤的设计、制备和测试。同时，需要完成 C+L 一体光放大器原型样机设计和性能指标测试。

预期目标：

研究 C+L 一体增益光纤设计、C+L 一体增益光纤制备、C+L 一体光放大器原型样机设计、C+L 一体光放大器调测。

指标要求：

1. 工作波长范围 (nm)：1524~1627
2. 增益 (dB)  $>20$
3. 最大输出光功率 (dBm)  $\geq 26$
4. NF (dB)  $\leq 6$

交付物：

设计方案、测试报告、原型样机、专利和论文等。

期望期限：

1 年。

## 三、多媒体技术

### 2023ZTE03-01 课题名称：3D 虚拟数字人快速生成及肢体动作驱动算法研究

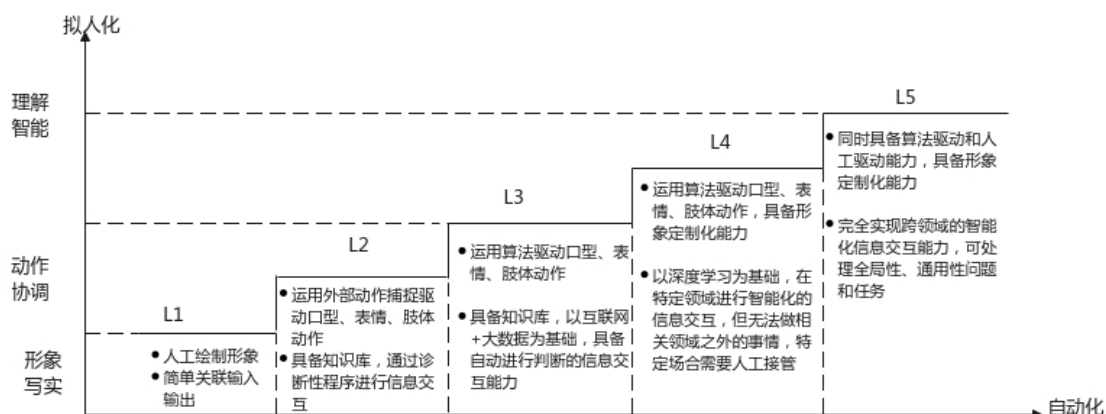
## 合作内容：

虚拟数字人作为元宇宙最基本原子基础能力，也是大视频产品在元宇宙应用当前主要技术落地点。元宇宙作为未来一种新的产业形态，将会影响各行各业，特别是对于视频行业，将会带来颠覆性的全新体验，大视频产品在技术创新规划中，元宇宙应用是重要的一个方向，在一键式身份认证、家庭渲染式影院、展厅、场馆直播等业务中都会有大量的应用机会点，需要主动渗透到生态链中。

虚拟数字人生成及驱动涉及到图形识别、视觉技术 3D 建模、CG 渲染、动作捕捉、人工智能等多种技术的综合运用，在关键核心算法上目前我们还不具备相应的技术储备。

## 预期目标：

根据中国电子技术标准化研究院在元宇宙联盟会议中讨论的虚拟数字人技术持续演进的路径，共分为 5 个级别：



L2 阶段涉及虚拟数字人快速生成技术和 AI 驱动算法，要求能基于深度学习模型的三维场景表达和神经渲染管线，可以自驱动学习模特的姿态和动作等等，无需真人参与，且可快速渲染，降低制作成本，真正实现算法驱动型高精度虚拟数字人。因此需要高校提供相应的核心算法及且满足下述要求：

1. 实时性：元宇宙场景下对交互的操作实时性非常强，要求实现对虚拟数字人低延时驱动。

2. 多模态输入：虚拟数字人生成作为元宇宙的一种基础原子能力，为了适用于更多的场景，数字人的生成和驱动需要支持多种模态的数据作为输入。

3. 生成及驱动高精度：满足 3D（包括 2D）真人数字人驱动的高逼真度和自然度。



本课题要求能实现虚拟数字人快速生成，以降低运营商多元宇宙应用推广的技术门槛，可让用户以有限张照片或录制个人形象的 360 度视频便可快速生成自己的虚拟数字人。

同时，实现在场馆直播中的虚拟数字人实时捕捉及驱动技术的重大突破，通过单目摄像头拍摄的现场视频，实现对运动员的动作捕捉驱动元宇宙虚拟直播间对应虚拟运动员的动作，实时实现虚实直播间的同步直播，将虚实运动员动作相结合实现在元宇宙场馆内的沉浸式赛事直播以及回看视频的制作，以降低直播的成本和周期，为用户提供全新的观赛体验。

指标要求：

1. 虚拟数字人：3D（包括 2D）数字人形象，精细程度逼真；
2. 虚拟数字人本身的量化指标分为三部分：人物特征评价指标、识别感知评价指标、交互决策评价指标；
3. 系统及算法的性能指标：算力消耗、并发性、并行性等量化指标；
4. 虚拟数字人面部及动作采集帧率 $\geq 30$  帧 / 秒，误差 $< 0.2$  厘米，图像与真值的结构相似性不低于 70%；
5. 虚拟数字人驱动范围是肢体驱动，支持不少于 7 种基本动作风格的生成（进、退、转、抬、放、站、蹲）；
6. 视觉无明显不舒服现象，生成动画流畅、连贯、不卡顿，主观评价的满意度不低于 95%；
7. 生成的虚拟数字人文件能支持在 unity 及 unreal 平台导入直接使用。

交付物：

原型系统及算法、研究报告、专利和论文等。

期望期限：

1 年。

## 2023ZTE03-02 课题名称：基于机器视觉的图像质量自动评价系统

合作内容：

本课题研究开发一套基于机器视觉的视频质量自动评价算法和系统，将图像质量主客观评价简化为清晰度、噪声和色彩三个最受关注的质量维度，并划分成 6 个质量指标进行分析，包括清晰度、噪声、对比度、亮度、色彩还原、色彩饱

和度,通过导入摄像头在全天候各种光照条件下拍摄的各种预设典型场景包括测试图卡、室内实景台、室外蓝天+建筑物+道路+机动车、人物+草坪+树木等截图或视频,给出6个质量单项指标的评价及与整体质量的相关度,用于指导图像调优。

## 预期目标:

1. 支持图像清晰度检测 - 计算清晰度测试图卡、室内实景台、室外远景近景人物分别在白天、夜晚等场景下呈现图像的清晰度值,包括中央和四周多个区域,给出清晰度高、中、差各档次参考阈值;
2. 支持图像噪声检测 - 计算室内实景台、室外远景近景在白天和夜晚夜视、微光等场景下呈现图像的噪声值,给出噪声低、中、高各档次参考阈值;
3. 支持色彩还原、色彩饱和度检测 - 计算24色图卡、人物肤色图卡、室内实景台人物、室外远景近景人物在白天和夜晚全彩夜视等场景下呈现图像的色彩还原和色彩饱和度值,给出色彩还原和色彩饱和度高、中、低各档次参考阈值;
4. 支持图像亮度检测 - 计算18%中性灰卡、室内实景台人物、室外远景近景人物在白天和夜晚夜视、微光等场景下呈现图像的亮度值,给出亮度高、中、低各档次参考阈值;
5. 支持图像对比度检测 - 计算室内实景台人物、室外远景近景人物在白天和夜晚等场景下呈现图像的对比度值,给出对比度高、中、低各档次参考阈值;
6. 支持调用GPU资源并发检测多个视频文件的多个业务检测项。

## 指标要求:

1. 图像质量评价6个指标检测项检测准确率要求在95%以上,且综合检测用时要求控制在源视频时长以内;
2. 各项质量评价指标至少分高、中、低三个档次,且要求每档之间有明显的区分;
3. 各项质量评价指标同时适用于室内和室外各个场景的图像主客观评价;
4. 无故障持续运行时间7\*24小时以上,无内存泄漏、无进程异常、无异常死机重启;
5. 系统运行平台独立。算法(协议)模块应独立于系统平台(Linux);算法(协议)模块的功能实现和性能指标应可以彼此独立验证。

交付物：

原型系统及算法源码、研究报告、专利和论文。

期望期限：

1 年。

## 2023ZTE03-03 课题名称：皮带检测场景下的小样本目标检测技术研究

合作内容：

小样本学习是当下机器学习界的一个核心课题。大数据是当下深度学习的咽喉，但数据本身具有收集成本昂贵、甚至根本无法采集的弊端。对于众多产业来说，真正能够收集到大量样本的是极少数情况，比如人脸识别、互联网上的文本等；更多行业的数据很难收集，比收集数据更难的还有标注。大数据支撑的机器学习基本使用无望，小样本学习的实践价值不言而喻。

在某些高度自动化的生产场景中，产品的良率特别高，收集缺陷样本非常耗时，而当前的用于缺陷检测的深度学习方法大多是基于大量缺陷样本建立模型，在实际项目中，有缺陷的样本由比较少，需要投入大量的时间用于收集各种样本数据，用于迭代优化算法的性能，从而影响项目交付进度。本课题以皮带表面缺陷检测为场景，利用小样本目标检测解决处理数据有限的情况。

研究方向：数据方面：数据增强（例如基于 gan 的样本生成方法）等；算法方面：无监督算法、小样本目标检测 FSOD (few-shot object detection) 等。

预期目标：

以皮带表面缺陷检测为场景，利用小样本目标检测解决处理数据有限的情况。完成产学研技术开发，达到技术性能指标要求，完成整个课题。

指标要求：

1. 小样本学习致力于在数据资源稀少的情况下训练出比较好的模型，主要有以下两个评价标准：

a. 提升算法效果：在标注资源一定的情况下，使用小样本学习能够尽可能多地提升相应的指标。

b. 节省标注数据：在算法效果希望达到一定水平的情况下，希望尽可能减少标注数据。

2. 在皮带检测场景下，通过小样本学习，利用 3000 条数据训练，识别皮带

表面缺陷（划痕、裂纹），mAP 达到 98%以上。

交付物：

论文、专利、行业研究报告、原型系统及算法（协议）等。

期望期限：

1 年。

## 2023ZTE03-04 课题名称：大场景下采用神经辐射场（Nerf）实时三维重建

合作内容：

针对大场景下可以提升稠密点云建图能力，通过 2D 图像生成 3D 世界的映射，算法推断传统 2D 照片中隐藏的 3D 形状来训练智能手机感知深度，快速生成 Mesh 图能够在云端和终端同时可以查看，便于云端编排业务。基于稠密的 Mesh 地图，具备深度信息能够更加快速和高效的开发 AR 应用。提升 AR 内容体验感（多人 AR、虚实融合的遮挡效果、物理模拟等），目前 SFM 方案生成的稠密点云会有空洞，稠密编排存在编排不准的问题，nerf 方案生成的稠密点云空洞少有利于稠密编排更详细。

传统 Nerf 存在以下问题：

1. 在镜面以及光滑表面重建效果较为模糊；
2. 单场景静态物体都需要重新训练；
3. 单场景训练时长比较长，原始开源数据 120 张图片需要训练 5-6 个小时。

近期的 Nerf 解决了一部分问题：

1. Fast-Nerf。将问题分解为两个子网一个只依赖于样本点的 3D 坐标，另一个只依赖于 2D 摄像机的观看方向。尽管这种分解使它们能够减少缓存大小，并以每秒 200 帧以上的速度执行推断，但内存开销仍然很大；

2. Squeeze nerf 提升了单场景静态重建的效率，它比 FastNeRF 的稀疏缓存的内存效率高出 60 倍以上，并且在推断期间仍然能够在高规格 GPU 上以每秒 190 帧以上的速度渲染。同样也是单场景静态物体；

3. City-Nerf：解决了原始 Nerf 在低频区域的问题，但是依然是建立在静态场景无法处理训练数据的不一致性。

但以上方案是对于动态场景三维重建依然没有比较好的办法，所以需要进行以下的技术突破：单物体动态场景三维重建、多物体动态场景三维重建。

## 预期目标:

将现有算法只能覆盖小物体、小场景的适用性扩展到体育场馆、演艺剧场等复杂环境,研究复杂环境中虚拟视角实时生成技术,实现复杂场景下的三维重建效果,从单个物体到多个物体,从静态场景到动态场景,完成 3D 数字内容生产,匹配国家文化大数据。

## 指标要求:

1. 实现基于神经辐射场技术的大空间三维重建,运动场景的实时三维重建;
2. 重建精度达到厘米级。
3. 不低于 4K60FPS 输入的情况下超高清分辨率下单场景渲染速度达到每秒 25 帧
4. 贴图分辨率实现 6K 分辨率及以上
5. 需要支持 1000 平米以内的三维重建

## 交付物:

提交构建通过普通摄像设备使用 2D 摄像头来进行实时高质量的 3D 映射的算法、实现多物体运动场景实时三维重建提交算法源代码、论文、专利和研究报告等。

## 期望期限:

1 年。

## 2023ZTE03-05 课题名称: 低延迟高可靠视频传输关键技术研究

## 合作内容:

在传输层提升视频体验,针对直播、点播、通讯、云游戏等多业务场景,不同传输协议 HLS、WEBRTC、QUIC 等并存,在互联网环境下,研究满足低延迟高可靠网络传输技术,感知和预测网络状态,预测弱网类型,选择更好有网络路径,降低卡顿率,提高传输可靠性。

## 预期目标:

满足大规模视频传输组网要求,提高视频传输的可靠性,实时网络状态感知,选择合适的拥塞算法,选择最优的传输路径。

## 指标要求:

在较为复杂的互联网环境中,改善用户体验,延迟降低 10%,卡顿率降低 30%。

交付物：

建立视频传输的原型系统，验证不同算法的仿真对比分析结果，论文、专利等。

期望期限：

1 年。

## 2023ZTE03-06 课题名称：基于深度学习的 3D 目标识别定位技术研究

合作内容：

随着近年来 3D 传感设备及相关技术的发展，3 维点云的扫描与获取更为便捷，其处理技术在矿山、钢铁、工业机器人等行业的实际应用中已取得一定进展。但当前 3D 技术存在视野遮挡看不全、存在阴影等环境自适应性弱、鲁棒性低等问题，业界陆续提出了基于深度学习的方法来解决这些问题。该课题要求通过深度学习技术实现 3D 点云数据标注、模型训练、模型推理，完成 3D 目标检测定位功能，识别准确率和定位精度达到业界同行业水平，输出详细技术性能测试报告。

预期目标：

完成产学研技术开发，提供测试结果以及技术可行性分析报告；以实际场景实例化，技术研究落地，达到性能指标要求。

指标要求：

1. 图像分辨率 $\geq 1240 \times 370$ ，每帧 $\geq 10$ 万个点，目标在图像中像素大小  $96 \times 96$  左右；
2. 识别准确率达到 90%，定位精度达到毫米级别，输出详细技术性能测试报告。

交付物：

原型系统及算法（协议）源码、论文、专利、研究报告等。

期望期限：

1 年。

## 2023ZTE03-07 课题名称：视频算力调度关键技术研究

合作内容：



视频算力网络是支撑视频业务泛在应用的新型基础设施，物理上由不同类型(CPU/GPU/NPU/VPU/...)、不同级别(Mobile/Edge/Server/Data Center/Distributed Cloud)的算力单元互联构成，功能上需要对所承载的视频业务进行合理调度，使得构成单个完整业务的各环节任务(编解码、传输、渲染、AI 分析等)运行在合适的算力单元上，在满足用户视频业务体验要求的前提下确保全网资源利用率最优。

本课题以大规模视频 AI 分析(如视频监测等)为主要应用场景，研究针对搭配 GPU 加速硬件的单台主机，如何最大化系统吞吐&保证单任务时延。

### 预期目标:

本项目的总体目标: 通过 GPU 任务调度机制和硬件执行机理的深度研究，提出优化的 GPU 多租户/多任务共享算法,提升 GPU 硬件对 AI 分析任务的承载能力，在保证单任务完成时间的前提下，尽可能提升系统的整体吞吐能力，降低单任务的运行成本。

### 指标要求:

相对于采用简单调度机制(如随机调度或按任务的时间顺序调度)，系统的吞吐能力提升>25%。

### 交付物:

合作方需提交 GPU 视频分析任务调度的技术方案、算法、系统原型、界面开发和测试所用全套源代码，及相关详细注释和文档、以及论文、专利、研究报告等。

### 期望期限:

1 年。

## 2023ZTE03-08 课题名称: 视频透雾增透技术研究

### 合作内容:

目前 AI 视频分析技术被应用在各个行业，如交通、港口、园区、矿山、工业等行业；但在实际项目中，环境有水蒸气、粉尘、室外起雾等因素影响，影响 AI 识别效果。本课题研究如何对尘雾等恶劣环境下获得的退化图像进行有效的处理，通过图像的复原和前后景细节信息的增强有着非常重要的现实意义，并且在计算机视觉应用领域有很大的前景。

本课题将从两个方面进行视频透雾技术研究：

1. 光学透雾技术，采用近红外、或特定波段的波长，可见光融合感知，实现透雾的效果，此方向聚焦于硬件设备，通过硬件手段实现透雾效果；
2. 算法透雾技术，采用视频图像增透技术，对硬件获取的图像进行增强处理，提高信噪比。

### 预期目标：

通过项目实际场景的视频对算法性能进行效果测试，输出测试报告，达到技术指标要求；提供透雾性能测试报告，完成整个课题。

### 指标要求：

1. 在物体距离相机 10m 的距离内，在可见光相机无法成像的雾气情况下，实现透雾效果，输出清晰图片；
2. 使图像细节和噪声抑制达到平衡，在保证透雾图像细节得到增强和还原的同时，有效抑制画面噪声。PSNR（峰值信噪比）：一般取值范围：20-40，值越大，视频质量越好。

### 交付物：

原型系统及算法（协议）源码、论文、专利、研究报告等。

### 期望期限：

1 年。

## 2023ZTE03-09 课题名称：综采面视频动态拼接技术研究

### 合作内容：

2020 年 3 月，国家发展改革委、国家能源局等八部门印发《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》，意见指出，坚持以科技创新为根本动力，推动智慧化技术与煤炭产业融合发展，提升煤矿智慧化水平，促进我国煤炭工业高质量发展。此后，为了进一步指导智能化示范煤矿建设，2021 年 6 月，由国家能源局、国家矿山安全监察局联合印发了《煤矿智能化指南（2021 年版）》。在国家政策的强势引领下，各矿企、煤矿集成商、运营商以及各设备商都投入了煤矿智能化建设工作。

综采面现场少人无人、提升生产安全是煤矿安全生产智能化升级改造的目标。目前综采面无人化面临以下难题：

1. 视频回传问题。5G 在煤矿受关注首先因其具有大带宽的特性，可以无线方式回传井下的海量高清视频数据。综采面摄像头众多，且处于持续移动状态。以 300 米宽的采煤面为例，部署液压支架约 100 个，每架部署一个摄像头，加上首尾，光支架摄像头就近 100 个，摄像头随支架移动，回传到低敏监控室的监控画面多且零碎，实际监控效果很差。

2. 远控问题。目前综采面未真正实现远控煤机设备，其原因除煤机智能化改造未到位外，视频监控效果不理想也是原因之一。

综上，为解决 5G 井下真正应用，煤机的智能化改造及回传视频的动态拼接是亟待解决的问题。其中煤机改造主要由煤机厂家自身完成。该课题则是解决视频拼接特别是动态拼接问题。

### 预期目标：

深入研究综采面视频部署方式及拼接方式，输出综采面视频动态拼接解决方案及相关算法。主要包括：

- 短物距大视差视频拼接；
- 相机姿态动态移动拼接；
- 百路摄像机实时拼接；
- 粉尘干扰情况下的特征提取与匹配。

### 指标要求：

1. 支持百路动态视频的拼接；
2. 拼接精度达到厘米级。

### 交付物：

原型系统及算法（协议）源码、论文、专利、研究报告等。

### 期望期限：

1 年。

## 四、集成电路技术

### 2023ZTE04-01 课题名称：多核并发查表算法技术研究

### 合作内容：

多核并发查表技术是网络转发芯片的一项重要技术，是在单个时钟内，实现

多核发出的多个查找请求同时查找相同的一张表，并各自得到查找结果。

研究多核并发访问查表高性能架构，探索可落地于转发类芯片的方案。该问题目前的主要困难点在于多核访问冲突不可控，而转发芯片对时延，线速均具有较高的要求，简单的 cache 与基本的 NOC 设计思想难以适用。基本的异或方案仅能解决双核问题，四核及以上资源开销较高。

### **预期目标：**

完成多核并发查找算法的多种方案研究，根据仿真建模、前后端评估等手段，确定最优方案。

### **指标要求：**

1. 业务表类型包含 ACL，LPM(路由)，HASH 表，直接表等，可针对某一类表项做特殊算法设计；
2. 保证多核访问线速且访问时延可控；
3. 并发访问核数量大于等于 4，且具备一定的扩展性；
4. 支持业务表动态配置一定程度的灵活性，保障未来产品应用的范围。

### **交付物：**

完成算法调研和方案设计工作，交付调研报告和创新方案设计报告；完成创新方案的各项评估工作，交付设计代码、方案及评估报告。

### **期望期限：**

1 年。

## **2023ZTE04-02 课题名称：可编程网络处理器指令集及工具链研究**

### **合作内容：**

研究网络处理器指令集相关的方法学及编译器优化算法，优化网络处理器等 IP 转发类芯片的指令集设计。主要包括：

1. 基于通用处理器的指令集，探索适用于网络处理器的指令集扩展方案；
2. 基于调研选择开源程序或自行编制测试程序，完成对扩展指令集的性能评估与对比；
3. 通过调研选择适当的编译技术框架，为扩展指令适配工具链；
4. 该工具链应当能够支持一定程度的编译优化技术，并且具备合适的接口允许后续的相关扩展。

探索一些常见的编译优化技术在可编程网络处理器上的适用性，并做原型实现。

## 预期目标：

1. 完成基于通用指令集的指令扩展研究，并给出性能评估的一般框架，完成性能评估与对比；
2. 鼓励为扩展指令集适配工具链，并支持一定的编译优化技术。

## 指标要求：

指令集具有完备性，至少包括数据搬移类、跳转类、算术运算类以及网络处理器特有的指令，关键性能达到业界主流水平。

## 交付物：

1. 指令集扩展研究：交付指令集 spec 文档、评估报告；
2. 工具链研究：交付代码和技术文档。

## 期望期限：

1 年。

## 2023ZTE04-03 课题名称：宽带高集成 CMOS 射频前端技术研究

## 合作内容：

针对 5G-Advanced/下一代无线网络移动通信频段增多、通道增多、复杂度增加的现状，研究宽带高集成度的 CMOS 终端或基站射频芯片技术，大幅提升单路射频通道覆盖的频率范围、提升终端单通道多 CA 的能力、提升集成度减少 BOM 物料数量和成本、缩减芯片尺寸；研究终端或基站整机射频系统简化的方案。

## 预期目标：

研究得到宽带、低成本、高集成 CMOS 射频芯片技术和整机射频系统简化方案；开发相应的射频集成电路和版图，硬件通道数相比业界产品降低>50%。

## 指标要求：

1. 单通道 400M-15GHz 宽覆盖；
2. 射频单端口(集成全频段 balun)；
3. 单通道多 CA 覆盖， $\geq 5\text{CA}$ ；
4. 通道隔离>70dB；
5. 高线性度设计；

6. 低功耗设计。

交付物：

1. 研究得到 5G-Advanced/下一代无线网络终端或基站射频系统简化方案；
2. 宽带、低成本、高集成 CMOS 终端或基站射频芯片技术方案；
3. 相应的射频集成电路设计文档、电路原理图、版图和仿真报告。

期望期限：

18 个月。

## 2023ZTE04-04 课题名称：基于 GaAs 工艺毫米波芯片技术研究

合作内容：

针对毫米波上下变频芯片，采用国产 GaAs 工艺，完成上下变频及本振链路设计实现，达成双极化 2 通道高性能变频目标。

预期目标：

1. 研究得到高性能 GaAs 工艺上下变频芯片整体方案和关键模块开发技术；
2. 开发相应的射频集成电路和版图，研究 GaAs 工艺下毫米波性能；
3. 完成投片测试，测试结果符合预期。

指标要求：

1. TX 链路性能指标
  - a. 射频频率：24.25~29.5GHz
  - b. OIP3：>30dBm
  - c. OP1dB：>26dBm（-40° C~+80° C）
2. RX 链路性能指标
  - a. 射频频率：24.25~29.5GHz
  - b. NF：<6dB（-40° C~+80° C）
  - c. IP1dB：>-22dBm

交付物：

1. 研究得到毫米波变频芯片实现方案；
2. 相应的射频集成电路设计文档、电路原理图工程、版图和仿真报告；
3. 测试样片及对应测试开发板。

期望期限：



18 个月。

## 2023ZTE04-05 课题名称：下一代无线网络太赫兹 IC 设计方法和关键技术

### 合作内容：

针对 5G-Advanced/下一代无线网络通感一体化应用场景，研究基于 CMOS 工艺的高频、高集成度、高通信距离、高效率收发前端芯片技术。

### 预期目标：

研究太赫兹 140G 频段 CMOS 工艺集成电路设计方法；

研究太赫兹频段关键模块架构及高性能实现；

开发相应的射频集成电路和版图，功性能指标满足预期。

### 指标要求：

1. 工作频率达到 D 波段频率范围，130G~150GHz；
2. 片内集成 PA、LNA、VGA 和移相器，支持幅度和相位调节；
3. 支持 2 个收发通道以上，验证通道间的相互影响；
4. 支持 TDD 工作模式，SPI 控制；
5. 性能指标：
  - a) 全链路输出 OP1dB: 8dBm
  - b) 接收链路 NF<8dB
6. 收发链路支持幅相控制。

### 交付物：

1. 总结太赫兹频段 CMOS 工艺集成电路设计方法；
2. 关键电路、模块设计架构及方案；
3. 相应的高频集成电路设计文档、电路原理图工程、版图和仿真报告。

### 期望期限：

18 个月。

## 五、能源技术

### 2023ZTE05-01 课题名称：交流变换关键技术研究

### 合作内容：

全球光伏市场前景看好，市场容量足够大，分布式光伏比例逐步提升，已占主导地位。光伏逆变器市场，未来三年市场容量达 2480 多亿，依然存在大的发展机会。针对分布式光伏，分布式交流并离网技术发展演进和电网支撑逆变先进控制算法是其中的关键技术难点。本课题计划研究交流变换涉及到的上述关键技术难点。

本课题主要解决双向交流变换单元的以下关键技术：

1. DC/AC 双向变换控制技术；
2. 多电平功率变换技术；
3. 交流并网控制技术；
4. 弱电网谐波控制技术；
5. 孤岛保护技术。

### 预期目标：

开发完成一款组串式双向交流变换器，在功率、尺寸、工作环境和效率、成本竞争力等多个方面达到要求（具体指标见下）

指标要求：

1. 尺寸要求：体积不超过  $0.062\text{m}^3$ ，重量不超过 38kg。
2. 工作环境要求：智能风冷， $-30^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$
3. 变换电压范围要求：支持双向功率变换，MPPT 电压范围满足  $160\text{V}\sim 1000\text{V}$ 。
4. 功率的要求：支持功率不小于 50kW，
5. 效率：最大效率效率不低于 98.80%；中国效率不低于 98.50%，欧洲效率不低于 98.60%。
6. 具备防孤岛保护、输入反接保护、输出过流保护、智能电弧防护等保护功能；
7. 其他指标满足 NBT32004 标准要求；
8. 有成熟产品技术和应用经验的优先，可以快速提供成熟技术的具体指标可以适当放宽。

交付物：

技术研究报告、过程设计文档、原型样机、测试验证报告、专利和论文等。

期望期限：

1 年。

## **2023ZTE05-02 课题名称：浸没式单相液冷工质技术研究**

### **合作内容：**

目前浸没式液冷系统中冷却液成本占比过大，且性能对产品影响较大，因此需开发一款成本相对较低且具备自主知识产权的冷却液产品。

本课题计划完成新型冷却液的开发，含工艺包，并对其物理化学性能及各种材料兼容特性进行试验测试。

### **预期目标：**

1. 确定开发工质研究方向并提交调研报告、立项报告、开题报告；
2. 完成工质性能测试验证、成果鉴定、提交结项报告，需要交付配方和制造工艺流程；
3. 完成不少于 2 篇核心论文（发表）、2 篇发明专利（结项前至少达到受理的程度）。

### **指标要求：**

物理性能：-10℃~80℃间的物性参数优异（密度不高于常见介质、导热系数不低于常见介质、挥发性不高于常见介质、比热容高于常见介质 10%、粘度低于常见介质 10%）（常用介质为：3M 的 FC40、科慕 SF-10、思康化学全氟醚冷却工质 F-8630，各参数取三者最优值）。

化学性能：材料兼容性满足 PCB 板浸泡 15 年正常使用，且不与液冷系统中材质发生腐蚀或溶解。

成本：80 元以下/公斤。

可接受 30%以内的单价成本溢出；物性不低于参考工质的同时，比热容高于常见介质 5%、粘度低于常见介质 5%。

### **交付物：**

1. 新型的浸没式冷却液工质；
2. 该新型工质的试验测试报告；
3. 该工质的配方和制造工艺流程；
4. 论文和专利。

### **期望期限：**

1 年。

## 2023ZTE05-03 课题名称：电池安全检测与预警关键技术研究

### 合作内容：

电池组全生命周期内一致性劣化演进机理及对安全性和寿命影响因素量化研究分析；探究磷酸铁锂电池性能衰减和失效过程变化规律；研究濒临失效或已失效的磷酸铁锂电池内部和外部特征；基于以上研究分析磷酸铁锂电池老化衰减机理、失效机理之间的定量关系，构建磷酸铁锂电池健康状态评估与故障诊断方法。

对健康状态评估与故障诊断系统整体框架设计研究，以提升对实际应用场景的适应性，研究各类引发机制与多种因素相互耦合关系。实现对故障引发机制的深层次诊断，从源头上采取相应防护措施，避免故障发生或对潜在故障实施提前防护；实现对锂电寿命衰减机理模型深层研究，对新电池寿命的快速评估和使用过程 RUL 的预测。

### 预期目标：

1. 建立外部条件与电池老化程度量化映射关系，构建以电池材料老化规律推演磷酸铁锂电池特征参量变化规律的理论方法。建立基于电池老化机理与特征参量驱动相结合的电池健康状态预估与故障诊断方法，准确评估电池剩余使用寿命和快速评估新电池的使用寿命。基于对电池寿命衰减机理的理解，提升电池全生命周期运行总体效能；

2. 研究储能电池先进测试表征和失效分析技术，揭示磷酸铁锂电池老化与失效机理，建立锂电池模组一致性检测机理模型；建立锂电池模组内短路、漏液、析锂等常见失效机理模型，准确预警电池潜在失效。

### 指标要求：

课题基于储能磷酸铁锂电池系统在常见工况下评估指标，电池容量 50~320Ah，12~32 串组成；充放电倍率 0.2~1C，工作温度-20~65℃；

要求基于 BMS 采集的电压、电流、温度特征；如果需要新增其他辅助采集硬件，则需要具备工程可实现性和商业价值，需双方协商同意。

1. 提供锂电池模组寿命衰减老化机理模型和模拟仿真；提供锂电池模组 RUL 寿命预测机理及算法，误差不大于 5%；提供 3 个月快速评估新电芯单体使用

寿命的机理及方法，误差不大于 5%；基于对电池寿命衰减机理的理解，提出有效提升电池全生命周期运行总体效能 10%以上的方法；

2. 提供锂电池模组一致性检测机理及算法；提供锂电池模组内短路、漏液、析锂等常见失效机理及预警识别算法，实现提前 1 天隐患预警，提前 15 分钟事故预警；全寿命周期内准确率大于 90%以上。

交付物：

1. 技术研究报告：行业技术现状与趋势分析，技术路线论证；
2. 过程设计文档：包括但不限于设计方案、设计文档、仿真报告、原理图、软件代码等；
3. 测试验证报告、问题解决报告；
4. 论文、专利等。

期望期限：

1 年。

## 2023ZTE05-04 课题名称：电力电子变换中 EMC 设计关键技术研究

合作内容：

针对 DC/DC、DC/AC 等大功率变换硬件产品，目前业界普遍存在 EMC 测试难通过等问题，尤其是传导骚扰 CE 和辐射骚扰 RE，往往需要等产品生产出来进行多次调试改版才能通过相关测试，这样就导致产品生产周期变长，生产成本增加。

本课题希望在如下技术方向做出突破：

1. 针对大功率 DC/DC、DC/AC 功率变换产品，能够使用仿真软件对控制级信号电路可能被干扰且导致性能下降甚至失效的原因进行仿真分析，从而可以在原理图和 PCB 设计阶段规避风险；
2. 针对大功率 DC/DC、DC/AC 功率变换产品，能够使用仿真软件研究系统级传导骚扰的仿真方法，减少产品的改版次数；
3. 针对大功率 DC/DC、DC/AC 功率变换产品，能够使用仿真软件，并结合场路协同的方法，研究系统级辐射骚扰的仿真方法，减少产品的改版次数，缩短研发周期；
4. 针对不同的仿真方法，提高仿真的精度，使之能够指导实际产品的设计。

预期目标：

1. 能够使用仿真软件对 DC/DC、DC/AC 等功率变换产品主要干扰源导致的控制级信号电路的传导受扰问题进行仿真分析，提高仿真精度，更加真实的模拟实际电路的情况；

2. 能够使用仿真软件对 DC/DC、DC/AC 等功率变换产品主要干扰源导致的控制级信号电路的辐射受扰问题进行仿真分析，提高仿真精度，更加真实的模拟实际电路的情况；

3. 能够使用仿真软件对 DC/DC、DC/AC 等功率变换产品系统的传导骚扰进行仿真分析，提高仿真精度，减少与实测的误差，更加真实的模拟实际电路的情况；

4. 能够使用仿真软件对 DC/DC、DC/AC 等功率变换产品系统的辐射骚扰进行仿真分析，提高仿真精度，减少与实测的误差，更加真实的模拟实际电路的情况。

指标要求：

以上预期目标对应的各个仿真中，要求仿真结果与实测结果之间的误差在 10dB 以内。

交付物：

1. 对 DC/DC、DC/AC 等功率变换产品控制级信号电路的传导受扰的仿真分析方法报告，包含仿真与实测的对比结果、误差分析、电磁场分布结果、以及根据仿真结果给出的产品设计建议等；

2. 对 DC/DC、DC/AC 等功率变换产品控制级信号电路的辐射受扰的仿真分析方法报告，包含仿真与实测的对比结果、误差分析、电磁场分布结果、以及根据仿真结果给出的产品设计建议等；

3. 对 DC/DC、DC/AC 等功率变换产品系统的传导骚扰的仿真分析方法报告，包含仿真与实测的对比结果、误差分析、电磁场分布结果、以及根据仿真结果给出的产品设计建议等；

4. 对 DC/DC、DC/AC 等功率变换产品系统的辐射骚扰的仿真分析方法报告，包含仿真与实测的对比结果、误差分析、电磁场分布结果、以及根据仿真结果给出的产品设计建议等；

5. 论文、专利等。

期望期限：

1 年。



**2023ZTE05-05 课题名称：高频磁性器件损耗的高精度计算****合作内容：**

随着高频开关电源的不断迭代和发展，高效率、高功率密度、高可靠性成为现代开关电源的主要发展方向；而随着第三代宽禁带半导体的逐步应用，功率磁性器件俨然成为了开关电源进一步提效且高功率密度化的主要制约因素，因为无论是损耗还是器件尺寸，它都成了系统的主要占比成分。针对磁性器件，目前业内普遍存在损耗计算精度差，需要不停打样来达到效率、温升的最优设计需求，从而影响了产品上市速度。

本课题希望在如下技术方向做出突破：

1. 针对高频磁件包括磁粉芯、铁氧体构成的电感、变压器等，研究任意高频周期激励波形下的磁损、铜损的准确测量方法或测试装置；
2. 深入研究直径小于穿透深度的导线的涡流损耗机理，找到多股绞合线并联为单匝导线时的涡流损耗的数学模型，且适用于工程设计；
3. 深入研究多维磁场分布规律，找到导体此时的涡流损耗的数学表征，并简化为工程设计的数学模型。通过严格的数学论证，得到类似经典的铜导体的 1 维 Dowell 模型，方便计算含有气隙类磁件的导体的涡流损耗；
4. 深入研究 Maxwell 软件关于导体涡流损耗的数学模型，特别是针对导体并联、利兹线模型的有限元方法，来提升此类导体的涡流损耗的精确度，提升磁件损耗的仿真计算精度；
5. 深入研究超高频、非正弦、直流偏置、磁集成下磁芯损耗计算的简易数学模型，加速此类型磁件的磁损的准确计算方法。

**预期目标：**

1. 论证或开发出磁件损耗测量的精确方法或简易装置；
2. 输出磁损、导体涡流损耗的数学模型或简捷设计与寻优方法；
3. 修正现有仿真软件关于涡流损耗的计算精度。

**指标要求：**

磁件总损耗的理论计算与实测值误差在 $\pm 10\%$ 以内。

**交付物：**

1. 输出磁芯在直流偏置、变频、非正弦、磁集成下磁损的计算方法；

2. 输出磁件损耗测量的快速精确方法或装置雏形（非定标量热法）；
3. 输出磁件在不同导线模型下的交流损耗的数学模型或仿真优化方法；
4. 总结适合不同器件或频率段磁件的损耗的测量方法，误差因素分析；
5. 论文、专利等。

期望期限：

1 年。

## **2023ZTE05-06 课题名称：微网最优潮流计算关键技术研究**

### **合作内容：**

最优潮流（Optimal Power Flow, OPF）是研究和分析电力系统规划、经济调度和稳定安全运行的有效手段和工具，当电力系统的结构参数及负荷情况给定时，通过对控制变量的选取，所找到的能满足所有指定的约束条件，并使系统的某一个性能指标或目标函数达到最优时的潮流分布，是微电网多能调度决策、电能质量保障和电力交易等业务底层核心技术，对微电网产品市场推广意义重大。

近年来，随着电力需求的不断增加、各种分布式能源介入以及节点数量日益增多，引入较多不确定性，传统的最优潮流算法面临着电力系统规模增大所带来的数据传输压力、计算速度缓慢、数据信息安全性等问题，如何解决这些问题是业界核心关注点，也是本项目期待合作的重点内容。

### **预期目标：**

以新能源最大消纳和发电成本最低为优化目标，输出一套对异常数据输入具有高鲁棒性的、含有分布式能源介入的高效最优潮流计算分析代码

### **指标要求：**

1. IEEE-300 节点系统单次最优潮流计算计算耗时不高于 3s；
2. 光伏发电弃光率低于 5%。

### **交付物：**

技术方案调研报告、优潮流计算代码，实验测试的详细数据及报告、论文和专利等。

### **期望期限：**

1 年。

## 2023ZTE05-07 课题名称：单入多出 DC/DC 变换器关键技术研究

### 合作内容：

研究单路-48V 输入、4 路直流电压输出的高效、高功率密度、高动态响应的 DC/DC 变换拓扑及控制技术，在多路输出电源的调压、稳压精度、动态响应、效率等关键技术和指标上实现突破，相比多路独立电源转换方案显著优化体积、成本及损耗。

### 预期目标：

解决单入多出 DC/DC 变换器的关键技术问题，所提技术方案在关键指标、成本面积上具有竞争力，并能应用于实际工程项目。

### 指标要求：

输入电压：-34~-60V，输出电压：16~55V 四路可调或部分可调，稳压精度小于 1%，输出功率峰值 1000W，动态满足 1A/us 下电压波动小于 2%，目标尺寸小于 5000mm<sup>2</sup>，高度小于 10mm，效率大于 97%。

### 交付物：

至少两种技术与方案的可行性报告，仿真及详细设计报告，原理样机及测试报告，相关专利与文章。

### 期望期限：

1 年。

## 2023ZTE05-08 课题名称：开关电源近场泄漏特性与优化技术研究

### 合作内容：

高功率密度开关电源近场辐射、近场耦合的精确建模仿真与优化方法。基于典型 AC/DC、DC/DC 电源，完成近场干扰源、辐射路径和干扰对象的定性定量分析及建模仿真，并针对常用拓扑和布局提出优化解决方案。对开关电源整体近场辐射情况进行仿真，仿真结果能与测试匹配，对前期设计形成仿真和优化指导方案。

### 预期目标：

建立 AC/DC、DC/DC 电源近场辐射仿真平台，能在设计阶段识别影响电源 EMI、纹波噪声等关键性能的主要干扰源、辐射路径、干扰对象等因素，提出优化策略并完成测试验证。

指标要求：

在目标尺寸和效率等关键指标不变条件下，实现 1000W AC/DC 电源整体传导 EMI 优化 6dB，近场辐射大小降低 20dB。实现 DC/DC 模块电源空间近场辐射仿真精度 6dB 以内，近场辐射大小降低 20dB。

交付物：

电源近场辐射理论分析与仿真技术报告，针对原型机的场路协同仿真报告，优化设计方案，优化后的测试报告，相关专利和文章。

期望期限：

1 年。

## 六、可靠性技术

2023ZTE06-01 课题名称：MOS 管 EOS 失效机理及其可靠性分析

合作内容：

MOS 管 EOS 失效现象常见为晶圆烧毁或 SGD 三通。针对 100V/100A N 沟道功率 MOS 管，基于 MOS 管的材料（MA）、结构（DPA）、板级适应性（BLA）、器件可靠性（RA）、失效样品分析（FA），研究 MOS 管的 EOS 失效机理，分析器件设计/材料缺陷及可靠性风险，总结不同失效现象对应的失效原因，建立器件可靠性标准及有效的应力筛选方案，提升器件 EOS 健壮性。

预期目标：

1. 对 MOS 管开展失效分析，研究其失效机理，明确其失效原因；
2. 对 MOS 管开展 5A（MA/DPA/BLA/RA/FA）分析，研究器件设计/材料缺陷及可靠性风险。

指标要求：

提升 MOS 管 EOS 健壮性，降低器件失效率至 50ppm。

交付物：

1. 输出 MOS 管的材料（MA）、结构（DPA）、板级适应性（BLA）、器件可靠性（RA）、失效样品分析（FA）的分析测试方案及结果，明确器件设计/材料缺陷及可靠性风险；
2. 针对 MOS 管的设计/材料缺陷建立有效的应力筛选方案；

3. 总结输出 MOS 管各类 EOS 失效现象对应的失效原因。

期望期限：

1 年。

## 2023ZTE06-02 课题名称：TIM1 材料应用失效机理及可靠性选用研究

### 合作内容：

随着通信产品的发展，产品的功耗逐年增加，芯片功耗、尺寸也随之不断增大，因其热流密度、芯片变形、界面材质变化导致其对导热界面材料（TIM）的热性能和可靠性提出更严苛的挑战。特别是近年来，在大尺寸的金属 lid 封装芯片上，出现了较多因 TIM1 材料失效导致的芯片超温问题，例如有机硅类 TIM1 容易发生界面分离，覆盖率难以保持，金属钎在封装和回流焊过程随机空洞的产生及恶化、界面分层等问题。由于 TIM1 材料的应用场景较为复杂，同时受到热应力（高温、温循）以及机械应力（芯片翘曲）的影响，缺乏从材料侧直接模拟实际应用场景的性能及可靠性评估能力。

需要高校根据实际环境（翘曲量/温度等）对 TIM1 材料的应用场景进行解耦分析，研究 TIM1 材料应用时的热-机械应力过程，建立相应的物理模型。进而研究材料关键性能（模量/粘接强度/断裂伸长率/拉伸强度等）对失效模式（界面分层/覆盖率下降等）的影响，从而建立 TIM1 的应用可靠性与材料性能的构效关系，明确 TIM1 材料的失效机理。最后，基于 TIM1 失效机理的研究基础，从材料侧建立 TIM1 材料性能测试及可靠性评估方法（如模拟实际应用的测试工装等），优化 TIM1 材料选型和工艺方案，规范 TIM1 材料技术要求。

### 预期目标：

1. 根据 TIM1 材料的应用场景，研究 TIM1 材料应用时的热-机械应力过程，建立对应的物理模型；
2. 研究材料关键性能与失效模式的关系，建立 TIM1 的应用可靠性与材料性能的构效关系，明确 TIM1 材料的失效机理；
3. 基于 TIM1 失效机理的研究基础，从材料侧建立 TIM1 材料性能测试及可靠性评估方法。

### 指标要求：

1. 能够根据所建立的物理模型，识别 TIM1 材料在特定温度或特定温度区间

内的受力或变形过程；

2. 能够基于不同材料类型（如有机硅类、金属钢、超薄垫片等），建立对应的失效模式及失效机理；

3. 建立的材料级性能及可靠性评估手段（如测试工装，测试仪器等）能够较好地模拟 TIM1 材料的实际应用场景。

交付物：

1. TIM1 材料应用场景的热-机械分析物理模型；
2. TIM1 的应用可靠性与材料性能的构效关系；
3. TIM1 材料性能测试方法及测试手段；
4. TIM1 材料可靠性评估方法及测试手段。

期望期限：

1 年。

## 2023ZTE06-03 课题名称：铝基 VC 毛细结构与两相流热控技术仿真分析技术研究

合作内容：

主要研究方向：

1. 铝基 VC 散热器设计及制造方法

合作研究低成本铝基毛细技术及铝基 VC 散热器设计制造方法，结合仿真技术对铝基 VC 的毛细及整体结构进行优化设计，提升铝 VC 的均温性及  $Q_{max}$ ；

2. 两相流热控部件热仿真技术研究

通过仿真技术研究，得到从毛细结构到散热器的大尺寸跨度模型建立和网格划分方法，解决机理复杂的相变传热传质和毛细抽吸现象的仿真难题，支撑两相流热控部件的正向设计。

预期目标：

1. 输出可在中兴无线 BBU 或 AAU 产品上可应用的铝 VC 散热器，满足散热、减重及降成本要求；
2. 完成铝基两相流仿真技术的方法论研究，用于指导铝基两相流热控部件的正向设计与性能优化。

指标要求：

1. 铝 VC 散热器：与批量应用铜 VC 散热器相比温差  $3^{\circ}\text{C}$  以内（BBU 单板），



降重 40%以上，同时达到降低成本的目的；

2. 具备铝基两相流散热器正向设计能力，实现基于铝基 VC 的热仿真精度达到 60%以上。

交付物：

技术方案、总结报告、指导说明、专利和论文等。

期望期限：

1 年。

## 2023ZTE06-04 课题名称：高效风机技术研究

合作内容：

背景与问题：

功耗成为通信产品关键指标，能效要求提升，现有风机效率不满足产品能效需求，通过产学研合作方式提升风机效率，同时建立高效风机自主研发能力。

合作方向：

1. 高效马达设计与优化，学习和提升高效马达技术能力（优先）；
2. 效叶型设计与优化，探索叶型参数对效率的影响规律，提炼影响风机效率的关键叶型参数。

主要内容：

1. 完成一款高效风机提效，目标效率提升 10%；
2. 探索风机提效的技术，包括叶型、马达技术。

预期目标：

1. 指定风机效率提升；
2. 建立高效马达设计优化方法、高效叶型设计优化方法。

指标要求：

需要提效的风机为 8038 规格，单级，转子+静子，尺寸：80\*80\*38 mm，合作目标是风机尺寸不变的条件下效率提升 10%以上。

交付物：

1. 高效风机叶型、马达设计方案，工程样机；
2. 测试总结报告、技术研究报告；
3. 高效马达&叶型设计优化方法；

4. 专利、论文等。

期望期限：

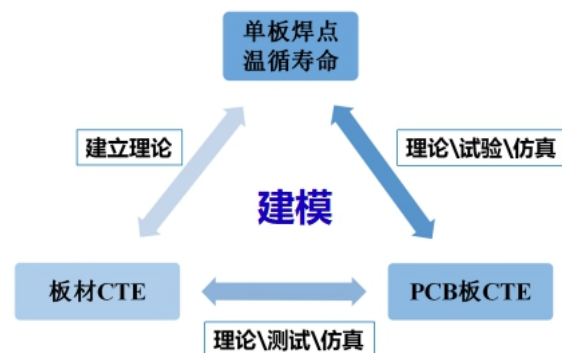
1 年。

## 2023ZTE06-05 课题名称：自启停背景下焊点温循寿命解决方案研究

合作内容：

节能降耗，新增自动启停功能场景下，对焊点温循寿命提了更高的要求。影响焊点长期可靠性的最典型且最重要因素是，焊点在温度变化过程中的失效，即在不断的升降温过程中，由于各种材料的 CTE 不同（常规高速板材的 PCB 的 X/Y CTE 约 19-25ppm/°C，CTE 约 12.8-14.7ppm/°C），焊点反复的应力应变将导致焊点中裂纹的萌生和扩展，最终导致焊点的失效。

当前，因不清楚板材、PCB 的 CTE 等关键指标对产品的量化影响，硬件研发过程中存在研发周期长，成本不可控，研发有效性低等问题。本课题旨在从 PCB 基础材料出发，建立板材、PCB 和 PCBA 之间焊点温循寿命和 CTE 等关键指标的关系模型，并通过此模型指导从产品出发定向精准开发 PCB 和材料。



预期目标：

1. 识别出影响单板焊点温循寿命的关键影响因子。如 PCB 图形设计、PCB 和板材的 CTE 及弹性模量等；
2. 建立 PCB 板材（CCL）CTE 与 PCB CTE 等关键指标模型；
3. 建立 PCB CTE 等关键指标与单板温循之间的模型；
4. 输出 CCL CTE 和 PCB CTE 等与单板温循寿命的仿真方法和仿真报告；
5. 规范 PCB 低 CTE 设计要求。

指标要求：

1. 通过实验验证，PCB 板材（CCL）与 PCB CTE 等关键指标模型精度 $\geq 80\%$ ；
2. PCB CTE 等关键指标与单板温循之间的仿真模型，实验仿真精度 $\geq 65\%$ 。

交付物：

1. PCB 板材（CCL）CTE 与 PCB CTE 等关键指标模型；
2. PCB CTE 等关键指标与单板温循之间的模型；
3. CCL CTE 和 PCB CTE 等与单板温循寿命的仿真方法和仿真报告；
4. PCB 低 CTE 设计要求；
5. 论文、专利等。

期望期限：

1 年。

## 七、终端技术

2023ZTE07-01 课题名称：嵌入式机器视觉小体积低成本缺陷检测传感器研究

合作内容：

合作方向是设计一种小体积、低成本的缺陷检测传感器，包括硬件和软件操作系统、驱动适配等。该传感器是一个独立的小型系统，该系统包含 CPU、RAM、存储等硬件资源，也包含 NPU/IPU/APU 等算力硬件。除了算力系统之外，该硬件还应包含图像传感器（sensor）、可调焦液态镜头、照明光源、外壳、对外接口等。

在硬件基础之上，该传感器应安装有 ubuntu 操作系统和 python 环境，同时，完成对图像传感器、光源等外部硬件的驱动适配。

同时，应提供运行于 NPU 等算力硬件上的 YOLO/RCNN 等模型的原型，做好适配，可以基于这些原型进一步开发定制化的缺陷检测算法。

预期目标：

构建嵌入式机器视觉软硬件系统原型，包括算力系统、成像/光源系统、嵌入式操作系统等，形成解决方案。

指标要求：

1. 算力系统算力：CPU $\geq 2.2G$ ，4 核 A73 以上；NPU $\geq 5TOPS$ ；

2. 成像系统：>=200 万像素；
3. 液态镜头：视野 300mm\*200mm；单次毫秒级变焦；
4. 光源系统：出光角度均匀；集成红绿蓝白 4 种颜色光，每种光可单独控制亮度；
5. 操作系统移植：将 ubuntu 系统移植到嵌入式硬件系统上，并做好图像采集等硬件驱动适配；
6. 深度学习模型适配：支持 Yolo/RCNN 系列模型适配到 NPU/IPU/APU 等算力硬件；
7. 体积：小于 70mm\*80mm\*40mm。

交付物：

1. 小体积低成本嵌入式视觉缺陷检测传感器硬件原型一套；
2. 适配该硬件的操作系统及安装适配方法一套，含设计说明、移植说明等指导文档；
3. 适配 NPU/IPU/APU 等算力硬件的主流深度学习算法原型一套（YOLO 或 RCNN），含模型源代码、设计说明、适配说明等指导文档；
4. 论文、专利等。

期望期限：

1 年。

## 2023ZTE07-02 课题名称：基于特征模理论的终端天线技术研究

### 合作内容：

智能终端设备上集成的功能越来越多，留给天线的设计空间愈加有限，设计出辐射体复用的多馈可有效节约设备空间，对于未来终端天线的小型化，轻薄化设计有着积极的指导意义。如何高效降低天线间的耦合效应也是终端天线领域中难点，特别是多模激励的设计和天线复用的 LC 电路设计问题，直接影响到天线效率以及吞吐量。

特征模理论能够计算任意形状导体表面的模式电流，这些特征模式在源区域和无限远处呈现正交特性，加权合成后可反映导体表面总电流分布情况。本项目聚焦于终端天线技术，基于特征模理论的终端天线技术研究，提升终端天线性能指标。

## 预期目标:

通过特征模理论的终端天线技术研究,提升天线辐射能力和终端吞吐量,提升用户的通信体验,特别在弱信号条件下终端吞吐量的影响,提升终端产品竞争力。

## 指标要求:

1. 给出三模天线的可实现设计方案;
2. 完成小型化(长度小于 15mm)下完成 WIFI 双频和 N78 三频效率优于-6dB 两种天线方案设计。

## 交付物:

1. 激励多模天线设计的理论研究报告;
2. 天线复用的设计的理论研究报告与复用方案;
3. 天线设计原型实物及测试数据。

## 期望期限:

1 年。

## 2023ZTE07-03 课题名称: 面向移动端的散景渲染算法研究

## 合作内容:

需要完成一套面向移动端可商用的散景渲染算法。主要包括轻量化的算法原型设计、数据集构建、模型训练和调优、算法效果验证等工作。

本课题的散景渲染算法包含两部分功能,一部分为单摄深度估计,另一部分为散景渲染。散景渲染是在单摄深度估计的基础上,模拟渲染相机不同光圈、不同对焦距离的拍摄虚化效果。两部分功能可以分开,例如支持双摄深度估计或 Lidar 深度估计,搭配散景渲染。速度方面,希望在移动平台上能支持 1920\*1080 分辨率的实时渲染。

## 预期目标:

联合开发一套面向移动端可商用的单摄深度估计和散景渲染算法,完成手机端 demo 并进行优化,达成技术可商用的目标。

## 指标要求:

1. 数据集: 能混合多个数据集用于训练,适配不同场景下的散景渲染需求。

2. 算法模型：深度估计和散景渲染可以提供 1 个合并模型，也可以分别提供 2 个独立模型。

3. 算法性能：需要考虑移动端的实时性，在移动平台上能支持 1920\*1080 分辨率的实时渲染。

交付物：

1. 算法源代码、模型、系统方案、原始数据集、标注工具、接口说明等；
2. 研究报告；
3. 论文、专利等。

期望期限：

1 年。

## 八、安全技术

**2023ZTE08-01 课题名称：面向算网融合的跨域安全调度和协同防护**

**合作内容：**

基于 NFV 和 SDN 的安全资源和策略的动态调度技术，在云内应用相对广泛和成熟，为云租户提供安全服务，同时提供统一安全运维的能力。但在算力网络中，由于基础设施的异构性、信任关系的多元化，如果不能实现安全的动态调度，来匹配网络的动态性，将直接影响业务的连续性，造成致命的通信问题，因此全域安全策略调度，非常重要。

同时未来网络向产业互联网发展，多元异构的行业终端通过多种方式混合接入，多种网络融合（IT/OT/CT 跨域融合、算网跨层融合）、位置无关的数据传输（泛在接入、泛在服务）、定制化的垂直行业需求使得网络的开放性和动态性增大，对终端接入、网络连接、基础设施等提出了新的安全挑战，需要保证行业终端可信接入园区网络、广域网络与算力网络融合可信通信、云网基础设施安全可信，传统的“孤立式防护”、“静态防御”、“边界防护”失效，需构建协同、内生、可信的安全架构。

因此需要合作方面向网络、算力和服务高度融合的算力网络，识别算网融合环境下关键安全需求，研究全域安全策略调度架构及算网安一体的协同防护关键



技术。在研究算力网络总体安全需求、架构与关键支撑技术的基础上，结合算网融合典型场景面临的安全风险（如泛在计算节点增加暴露面、算力节点安全可信水平参差不齐等）和全新安全挑战，进行系统性研究，细化具体安全需求和关键问题，并据此给出跨域安全调度和协同防护方案，以满足算网融合环境下安全对网络和服务的适应性需求，以及全系统的安全服务能力。

#### **预期目标：**

识别算网融合环境下的关键安全需求，研究算网融合的安全架构与关键算法，满足算网融合环境下安全对网络和服务的适应性需求，实现跨域跨层的安全服务能力。主要研究内容包括：

1. 充分考虑算网的动态性、泛在接入、泛在服务等特性，分析识别算网融合典型场景下特有的安全挑战，包括但不限于：动态业务环境（如业务跨域部署、迁移、节点变更等）引发的安全功能和策略的动态性问题、泛在接入（用户外网接入、网络异构接入等）引入的云网边端协同防护问题、泛在服务（服务下沉、点对点通信）引入的通信安全模式改变及安全感知算力等问题；

2. 面向网络、算力和服务高度融合的算网融合网络，研究以身份为中心的安全架构，提出多个信任主体下的多元身份（例如 IT、CT、OT 身份）统一管理机制和跨域身份验证机制，可以实现基于身份的轻量化验证和服务访问控制，以及对服务的跨域跨层防护；

3. 研究安全自适应调度技术和关键算法，识别算网融合下的安全策略编排和其他 SDN+NFV 技术应用下的异同点，可感知算力安全能力和网络拓扑变化，实现动态环境下自适应的安全策略调度与编排，保证业务跨域部署或迁移时安全防护的一致性与连续性。

4. 研究泛在接入和泛在服务业务模型下的协同防护技术和关键算法，支持边缘用户的可信接入和对网络服务的近源访问控制，实现对多元信任主体下域内、域间网络服务的协同防护。

#### **指标要求：**

1. 提出一种全域安全调度算法，可以满足算网融合典型场景下的业务迁移或网络拓扑变换后的业务连续性；

2. 提出一种以身份为中心的安全架构，可以满足算网融合典型场景下的网

络服务的轻量化、跨域协同防护。

交付物：

技术报告、技术原型或仿真模型、专利、论文等。

期望期限：

1 年。

## 2023ZTE08-02 课题名称：下一代无线网络轻量级内生安全技术研究

合作内容：

研究下一代无线网络新空口的新特性，对通信和安全进行一体化和轻量化研究，解决传统“外挂式”、“补丁式”的网络安全机制在对抗未来新空口网络安全威胁中存在的隐患和挑战，提出有机融合的无线空口安全通信方案，突破未来无线空口通信的内生安全关键技术，以及对内生安全技术的应用推广进行轻量化研究，形成关键算法并通过技术验证。

预期目标：

研究面向未来移动通信（5G-Advanced/下一代无线网络）的无线内生安全的架构和方案，包括：

1. 面向 5G-Advanced/下一代无线网络的物联网、海量设备连接场景；
2. 研究轻量化、低复杂度的安全机制，包括密钥生成、接入协议、认证流程、用户保护等安全关键技术；
3. 进行系统与信道建模，与传统安全技术的融合（跨层设计），系统性地提升无线空口的安全性能，实现轻量，高效的无线安全通信；
4. 开展仿真验证，输出关键算法。

指标要求：

1. 对国内外无线内生安全技术进行广泛调研，输出调研报告，至少分析 10 项典型内生安全技术研究成果；
2. 提出轻量化的内生安全机制，无线密钥随机性满足 NIST 标准；
3. 内生安全机制不影响无线通信的速率、时延和用户连接数等性能指标。

交付物：

1. 无线内生安全技术调研报告；
2. 5G-Advanced/下一代无线网络轻量级内生安全技术方案；

3. 5G-Advanced/下一代无线网络轻量级内生安全技术仿真报告 1 份；

4. 论文、专利等。

期望期限：

1 年。

## 2023ZTE08-03 课题名称：5G+工业互联网云边端协同数据共享安全技术研究

### 合作内容：

5G+工业互联网云边端协同数据共享安全技术能解决工业互联网数据存储和使用安全的问题。传统的工业互联网数据量有限，且大多保存在工业互联网内部，并被内容用户使用，因此其安全需求相对较低。随着 5G 技术与工业互联网的融合，大量终端都可以轻易访问工业互联网内部数据；同时，工业互联网为节省成本，也可以租用 5G 边缘云服务，将数据存储在 5G 边缘云中。这给 5G+工业互联网的数据安全带来了新的挑战。本课题研究内容包括：根据 5G+工业互联网架构研究云边端协同数据共享安全技术。首先，对于存储在终端用户上的数据，设计数据聚合密码算法和协议，实现数据在 5G 边缘网关上的安全聚合。其次，对于存储在边缘云上的数据，解决数据安全存储的问题。第三，对于存储在工业互联网内部的敏感数据，主要研究实现数据可用不可见。

### 预期目标：

5G+工业互联网数据存储包括三类：第一类是数据存储的边缘云端，第二类是数据存储的工业互联网子网内，第三类是数据存储在终端用户。本课题研究内容包括：（1）分析 5G+工业互联网中，数据存储在云端时的安全需求，研究相应的安全存储和使用方案。（2）分析 5G+工业互联网中，数据存储在工业互联网中的安全需求，设计相应的隐私计算方案。（3）分析 5G+工业互联网中，数据存储在终端用户中的安全需求，设计相应的数据聚合安全方案。满足 5G+工业互联网中多种数据存储和使用模式的安全需求，实现数据在终端用户、边缘网络、工业互联网之间的有序共享和流通。

### 指标要求：

1. 提出 5G+工业互联网数据共享技术架构；
2. 支持多类工业数据接入，技术指标达到业界领先水平。

### 交付物：

1. 5G+工业互联网数据安全技术调研报告 1 份；
2. 5G+工业互联网云边端协同数据共享安全技术方案 1 份；
3. 相关专利 2 项；
4. 有影响力论文 2 篇。

期望期限：

1 年。

## 九、数据库技术

2023ZTE09-01 课题名称：安全数据库技术研究

**合作内容：**

安全数据库技术研究，重点是全密态数据库，主要包括：

1. 实现全密态数据库的密态数据的查询优化算法，包括：增删改查操作、等值查询、保序查询、范围查询、密文索引、模糊查询、事务处理。
2. 实现全密态数据库中高效的可搜索加密算法来完成辅助查询和处理，且须支持国密算法（SM1~SM9）。

**预期目标：**

1. 全密态数据库客户端能够自动加解密，应用能够透明无感知的使用全密态数据库，即应用使用全密态数据库时与普通明文数据库一致；
2. 实现对密态数据的逻辑计算、数值计算、文本操作。逻辑计算包含：对任何类型的比较运算（!=、>、>=、=、<=、<）、析取和合取（and、or）能力；数值计算包含：四则运算、数学运算、排序运算、聚合运算等，涉及整数、定点（或浮点）数等；文本操作包含字符串操作、日期操作等，进行模糊匹配查询、字符串连接截取等。在实现以上逻辑计算/数值计算/文本操作时，需要支持密文类型之间的混合运算，例如密文 int4 与密文 int8 类型的运算；
3. 实现可搜索加密算法来完成辅助查询和处理，支持针对加密数据库的高效密文索引，在保障安全性的前提下，利用辅助信息来构建索引树，在不解密的前提下，实现密文数据的高性能搜索；
4. 支持国家商用密码算法(国密算法)并符合国家商用密码标准进行加密。

指标要求：

性能与明文状态相比下降不超过 50%，技术指标达到业界领先水平。

交付物：

1. 可运行的全密态数据库，其功能和性能满足以上预期目标及指标要求；
2. 技术选型报告及总体方案文档、详细设计文档；
3. 源代码、测试报告、以及合同规定的论文、专利等。

期望期限：

1 年。

## 2023ZTE09-02 课题名称：分布式嵌入式多模数据库技术研究

合作内容：

嵌入式数据库技术研究，重点研究内容包括：

1. 数据库满足嵌入式设备环境下对轻量化（低资源占用）、一致性、高性能及可恢复性等方面要求，同时需要研究如何实现高性能、资源受限与高一致性三者之间的平衡，以满足不同的业务场景应用需求；

2. 手机、移动互联、智慧家庭、汽车电子、智能制造等产品业务所使用的数据库模型多种多样，包括关系、KV、文档、图、搜索、时序、时空等，嵌入式数据库需要支持多模态数据融合；

3. 终端产品分布式终端服务架构要求嵌入式数据库支持跨设备连通，需解决多设备协同、多模共存的分布式数据管理问题，满足用户数据在多设备之间实时共享的一致性体验（即数据随用户走）。

通过合作研究嵌入式适配、多模存储、跨设备同步、低能耗比、分布式协同、安全可靠等技术，提升嵌入式数据库性能、软硬件兼容性 & 互操作性。

预期目标：

通过产学研课题合作，嵌入式多模数据库在多模态融合、资源轻量化、多场景适配、跨设备连通、安全可靠等技术指标达到业界领先。

指标要求：

1. 资源轻量化：针对嵌入式资源受限的特点，优化数据库实现机制，支持高性能低资源消耗的访问和处理；

2. 多模态融合：除关系模型外，支持 Yang、时序、文档等数据模型，融合

多模型，实现高效建模；

3. 多场景适配：数据库可大可小，支持极限资源到服务器全场景（TB→GB→100MB→100KB）；

4. 跨设备连通：数据跨设备实时同步，实现分布式协同及数据管理；

5. 安全可靠：数据不丢失，0 泄漏，应用数据分离降低应用故障率。

交付物：

1. 分布式嵌入式多模数据库技术调研报告；

2. 分布式嵌入式多模数据库原型系统；

3. 分布式嵌入式多模数据库源代码、测试验证报告以及合同规定的论文、专利等。

期望期限：

1 年。

## 2023ZTE09-03 课题名称：面向实时数据分析的湖仓融合查询优化器

合作内容：

湖仓融合已成为下一代大数据技术演进的主要方向。在越来越多的业务场景中，用户不仅期望可以灵活实时地将各种类型的数据落到数据湖中，同时也期望能够直接高效地以交互式的方式对数据进行分析。为满足实时数据分析的时效性要求，利用优化查询数据的方式，优化数据组织，优化数据结构，优化执行计划生成等技术加速计算效率，已经成为业界主要解决思路与共识。

1. 研究湖仓融合架构下的 Data Skipping、Data Clustering、高性能索引等关键技术，具体包括如何有效地存储、维护索引/派生数据集并使其可供数据湖中的查询引擎使用；研究查询处理过程如何与索引/派生数据集交互以优化查询性能；如何在查询优化期间自动选择最佳索引/派生数据集，而无需用户重写查询；

2. 研究融合查询优化器满足最优执行计划生成（计算下推提取、计算路由等）技术，并研究如何根据不同计算引擎的特点及 SQL 类型智能选择最佳的计算引擎，从而提升查询语句的执行效率，满足湖仓融合查询场景实时数据分析的时效性要求。



研究在标准开放数据存储格式之上，如何构建与计算引擎解耦的湖仓融合查询加速子系统原型。

## 预期目标：

鉴于数据湖的数据规模是传统数据库/数据仓库的 10-100 倍，通用相关技术研究为数据湖带来更快的性能提升。

## 指标要求：

1. 设计可插拔的索引框架/可扩展的索引服务，并支持统计型索引（如 Min-Max, Vaulelist 等）、Bloomfilter 索引、Bitmap 索引或新型索引结构等；支持自定义 UDF 扩展或按需定制索引；支持 Z 阶曲线、希尔伯特曲线等变种的空间填充曲线；对应性能需高于数据湖开源社区 10%以上；
2. 支持 50PB 级数据规模下对应的索引/派生数据集全生命周期高效存储、访问与维护；
3. 系统支持自动选择、推荐最佳索引/派生数据集；
4. 系统具有良好的扩展性，并支持与主流计算引擎的查询优化器集成，包括但不限于 Spark、Flink、Presto、GP 等；
5. 系统支持数据湖标准开放数据格式，包括但不限于 parquet、ORC 等；系统支持对接开源数据湖表格式规范，包括但不限于 iceberg、hudi 等；
6. 融合查询优化器支持计算引擎自适应、支持复杂 SQL 算子/函数下推；相对现有技术能有效提升计算效率并降低资源成本。

## 交付物：

原型系统（含源代码）、专利、论文、研究报告与系统方案等。

## 期望期限：

1 年。

## 十、数字技术

2023ZTE10-01 课题名称：信息防泄漏的暗水印图像算法

## 合作内容：

解决防拍照防截屏场景，通过信息隐藏技术，对打开文档、图片或视频等介

质添加“隐藏信息-暗水印（例如姓名+工号）”信息，当有人通过“拍照”或操作电脑截屏，实现“隐藏信息”被隐藏在图片中，该“隐藏信息”能够具备一定的抗压缩、裁剪等，最终可以通过算法工具提取该“隐藏信息”，实现信息泄漏可追溯。

### 预期目标：

通过数字水印技术，实现对截屏、拍照、打印等场景下，对图片、文件或甚至视频等溯源。

### 指标要求：

1. 防截屏：实时对“截图”事件进行拦截并添加水印，并且不影响“截图”流畅性，即用户无感知，事后可对该图片提取；
2. 防拍照：对屏幕增加水印，实现使用包括手机、相机等各种拍照工具拍照的屏幕或局部数据数据可提取；
3. 防打印：对待打印的文件（例如 WPS\OFFICE\PDF\网页等）在打印过程中添加水印，打印出文件可拍照提取。

### 交付物：

算法及方案、源代码等。

### 期望期限：

1 年。

## 2023ZTE10-02 课题名称：供应链业务建模和运筹优化算法

### 合作内容：

在合同交付履约场景中，“订单交期承诺日期”是提升客户满意度的关键指标，当前存在承诺日期跟实际交期偏差较大的痛点。拟通过高校合作团队，引入运筹优化的技术能力，对上述场景提供业务建模和算法开发能力，最终希望针对该领域的问题解决，输出通用的求解算法模块。

### 预期目标：

与高校合作开发，针对交期承诺等核心场景，提供业务建模、算法开发，并输出算法求解模块。

### 指标要求：

核心指标有较大的提升。以订单交期承诺日期为例，最终实现实际交期偏差均值，提升 50%以上。

交付物：

业务模型、算法求解模块、相关配套的设计方案、代码和使用指导手册等。

期望期限：

1 年。