

着眼 **5G** 基础算法

赋能网络数字经济

中国联合网络通信集团有限公司

中讯邮电咨询设计院有限公司

钟志刚



2023.06





钟志刚

- 中讯邮电咨询设计院 总工程师（CTO），教授级高工，中国联通集团总体规划编制总牵头人
- 主要从事微波、卫星和移动通信领域咨询、规划、设计、研究等工作
- 在卫星领域，负责完成了国内卫星通信地球站、国内首个KU频段卫星通信网等规划设计工作
- 在移动通信领域，负责完成了中国联通5G、4G、WCDMA等全国网络的规划、咨询、工程设计

目录

CONTENTS

- 01 公司简介
- 02 5G及未来网络数字经济
- 03 创新网络方案思路与应用
- 04 总结及展望

中讯邮电咨询设计院-简介

- 1952年 ● 创建于北京，1969年迁至郑州，原名**邮电部设计院**，是原邮电部组建最早、最大的综合性甲级咨询勘察设计单位
- 1999年 ● 更名为**信息产业部邮电设计院**
- 2000年 ● 由信息产业部划归中央企业工委领导，并由事业单位改为科技型企业
- 2002年 ● 更名为**中讯邮电咨询设计院**
- 2003年 ● 5月划归国务院国资委资产监督管理委员会管理
- 2006年 ● 成为中国联通全资子公司
- 2022年 ● 混改制企业 **中讯邮电咨询设计院有限公司**

- 国家级设计大师 **7** 人；
- 国家“千人计划”专家 **2** 人；
- 享受政府特殊津贴 **87** 人；
- 教授级高级工程师 **41** 人；
- 高级工程师 **777** 人；
- 国家一级注册建筑、结构等 **36** 人。

传统业务版块-多项国内第一

第一个

- 国内蜂窝式移动电话网
- 国内数字卫星通信网 (IDR数字倍增电路)
- 全国数字数据网 (DDN网) 工程
- 全国最大的GSM网络工程总体方案设计
- 全国数字同步网工程
- 国内SDH数字微波干线工程
- 全国光纤传输自愈环网工程
- 移动专用NO.7信令网
-

第一条

- 国内长途光缆通信干线
- 国内大容量数字微波工程
- 国内SDH光缆通信工程
-

第一座

- 国内低层大平面邮件处理中心工程
-

创新业务版块-新业务增长极

中讯院进一步围绕公司新定位，聚焦创新业务四大方向：软件、工业、安全、双碳，研发面向规划设计的辅助设计分析软件（CAE）及运营支撑系统，打造“专精特新”能力，支撑中国联通集团战略落地。

39

国家级奖：39项国家优秀设计金奖。151项国家级奖。

140

标准编制：140项行业标准编制。

75

八纵八横：全国“八纵八横”一级光缆干线网75%以上的工程设计。

目录

CONTENTS

- 01 公司简介
- 02 5G及未来网络数字经济**
- 03 创新网络方案思路与应用
- 04 总结及展望

网络数字经济是决定未来全球经济格局的主战场

中国

《“十四五”数字经济发展规划》
《数字中国建设整体布局规划》

美国

《2020数字经济路线图》、
《电子商务法案》

欧盟

《欧洲数据战略》 《数据治理法案》

英国

《英国数字战略》

澳大利亚

《2022年数字经济战略更新》

德国

《数字战略（2025）》

韩国

《数字化转型促进法》

日本

《数字化转型推进计划》

战略层级提升，数字经济成为各国顶层设计

网络数字经济持续为国民经济稳增长保驾护航

数字经济是以数字化的知识和信息作为关键生产要素，以数字技术为核心驱动力量，以现代信息网络为重要载体，通过数字技术与实体经济深度融合，不断提高经济社会的数字化、网络化、智能化水平，加速重构经济发展与治理模式的新型经济形态。



数据来源于中国信通院发布的《中国数字经济发展研究报告(2023)》

从2017年习近平总书记在政府工作报告中提出要促进数字经济快速发展，到2023年大力发展数字经济，我国已基本形成完善的数字经济顶层设计与政策体系。数字经济规模多年来同比增长超过10%，成为推进中国现代化的重要驱动力量。

5G推进数字产业化打造高质量发展新引擎

网络基础持续赋能

- 面向数字经济的数字产业化及产业数字化占GDP 7.6%，向**强基础、重创新、筑优势**方向转变
- 我国“5G+工业互联网”主要专利数占全球40%，技术领先



数据来源于中国信通院发布的《中国数字经济发展研究报告(2023)》

产品持续研发突破

- 我国5G芯片模组三年平均降价40%左右，实现“价格”突破，促进产业快速发展
- 我国5G CPE等数据终端和5G工业融合终端不断涌现，轻量化5GC产品等新型网络产品不断探索，实现“数量和形态”突破
- 我国5G uRLLC技术不断深入工业控制环节，通信时延可达到端到端时延4ms，实现“性能”突破

产业应用持续深化

- 全国“5G+工业互联网”项目已覆盖41个国民经济大类
- 我国已打造5个产业公共服务平台，在汽车、采矿等十余个重点行业建设了4000多个项目
- 协同研发设计、远程设备操控等20个典型应用场景加速普及5G全连接工厂”种子项目中，工业设备5G连接率超过60%

5G网络持续赋能数字经济，5G网络规划部署是重中之重，而其中的基础算法是网络与创新的核心！

目录

CONTENTS

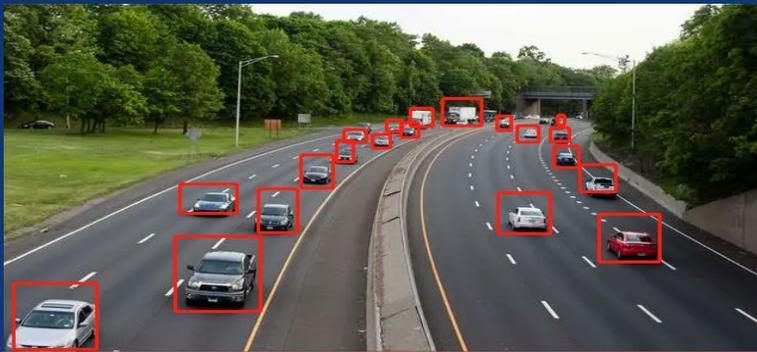
- 01 公司简介
- 02 5G及未来网络数字经济
- 03 创新网络方案思路与应用**
- 04 总结及展望

未来6G潜在技术及应用-通感技术研究-通感之“动”目标监测

通感“动”目标监测应用场景

“动目标”监测是6G潜在网络技术，在数字经济领域是创新应用的基础之一：

- ① 高速、海量的车辆动态智能识别；
- ② 桥梁、斜坡动态监测等。



“动”目标检测场景

研发的问题与难点

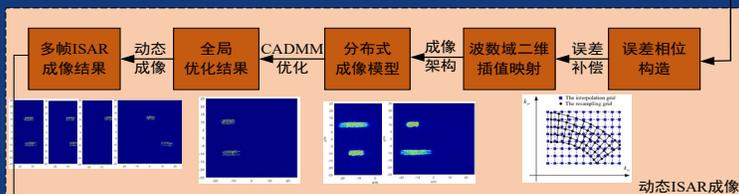
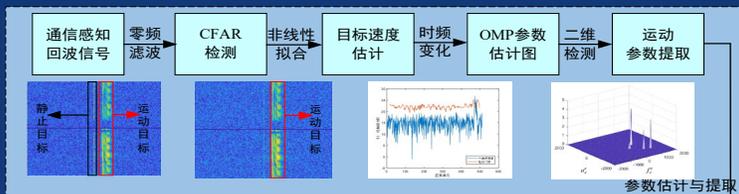
现有的方式多为视频等监测，而5G通感具有受雾雪等环境影响小，主动大范围监测等优点，基础算法研发中存在问题：

- ① 动目标通感信号背景干扰与杂波滤除难；
- ② 非合作“动”目标参数估计难；
- ③ 多目标联合成像与跟踪算法要求高。

解决思路及方法

利用MATLAB开发环境与通信工具包，进行基础算法研发，推出：

- ① **参数估计与提取**：多目标跟踪基于卡尔曼滤波器，使用混合高斯模型进行噪声建模；
- ② **动态成像模块**：基于子孔径回波，获取多帧成像拟合构造误差相位，补偿误差；
- ③ **成像跟踪模块**：基于动态ISAR成像获取的多帧成像结果进行精准目标跟踪。

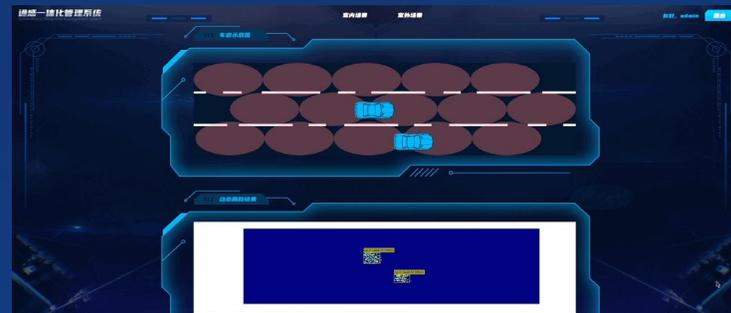


“动”目标检测流程及原理

效果及意义

成果：基于MATLAB研发通感东目标监测系统。该系统具有：

- ① **硬件要求低**：只需1T1R即可；
- ② **部署环境要求低**：传统方案所需基站部署在道路正上方，本方案所需基站为道路两侧，更符合实际部署场景；
- ③ **感知的细节更丰富**：可直接刻画动目标的二维散射信息，动态感知区分车辆类别、速度、形状等，为数字经济中智慧交通的应用与创新提供更丰富的感知技术与应用。



“动”目标检测系统测试效果

分辨率	16GHz	28GHz	39GHz
距离向	0.33m	0.17m	0.11m
方位向	0.41m	0.26m	0.18m

未来6G潜在技术及应用-通感技术研究-室内“弱”目标检测与被动跟踪

应用场景

“室内“弱”目标检测与被动跟踪可以有效地检测出小物体、人体姿态等”，是ToB生产场景及数字经济的重点应用需求，可广泛的服务数字经济深层应用，重点应用场景：

- 1.智能家居；
- 2.智能安防；
- 3.智慧仓储物流等



室内弱目标检测场景

研发的问题与难点

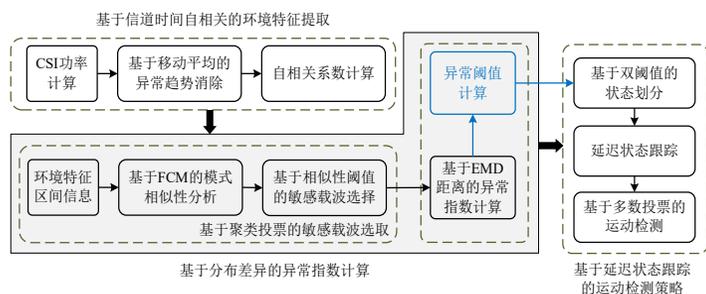
现有室内弱目标检测于跟踪算法研发中着重解决的问题：

- ① 弱信号参数估计精度低，
- ② 在少通道情况下路径分辨能力差，
- ③ 不同应用场景应用泛化能力差。

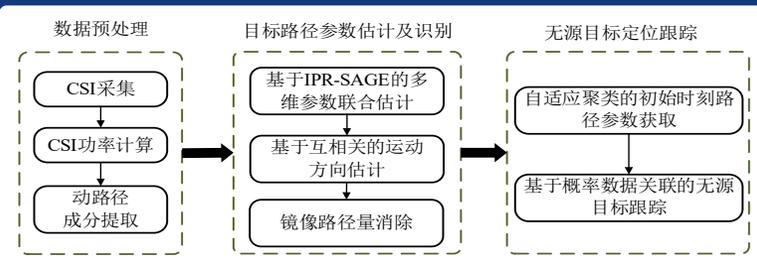
解决思路及方法

该案例目标基于3Gpp release15/16 版本物理层通信协议，基于MATLAB实现多种室内弱目标检测与被动跟踪两类算法研发：

- ① 室内弱目标检测算法:含基于信道时间自相关的环境特征提取、基于分布差异的异常指数计算以及基于延迟状态跟踪的运动判决。



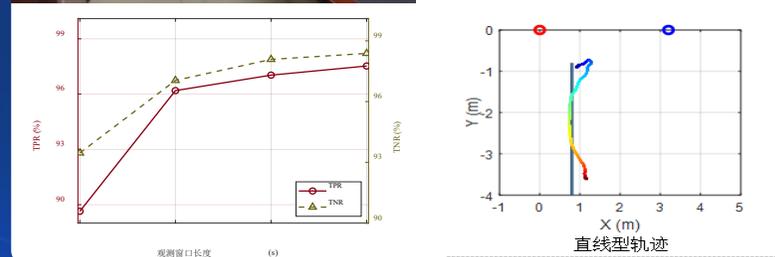
- ② 室内弱目标被动跟踪算法: 基于MATLAB实现数据预处理、目标参数估计与识别以及工位跟踪等。



效果及意义

成果：基于MATLAB研发“室内“弱”目标检测与被动跟踪。该研发主要为自主研发，工具具有如下：

- ① 泛化能力强，检测方法不依赖背景环境。
- ② 基于延迟状态跟踪的运动检测策略，提升系统的可靠性和鲁棒性。
- ③ 基于概率数据关联的无源单目标跟踪算法，进一步提升定位跟踪精度（0.82m以内）。



室内弱目标检测效果及精度

未来6G潜在技术及应用-通感技术研究-让网络感知城市环境

应用场景

基于6G等无线电磁特性可快速感知与重构城市环境，可动态高效满足数字城市、智能勘测等数字经济场景的探索式应用。

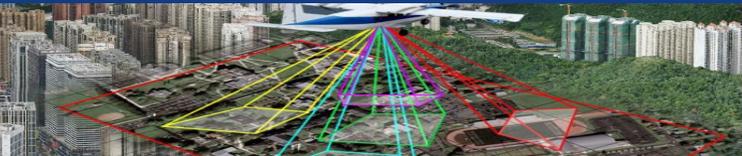


城市环境建模效果

研发的问题与难点

现有方法主要通过即时倾斜摄影或手工建模等方式，耗时，投入大，难以即时更新。

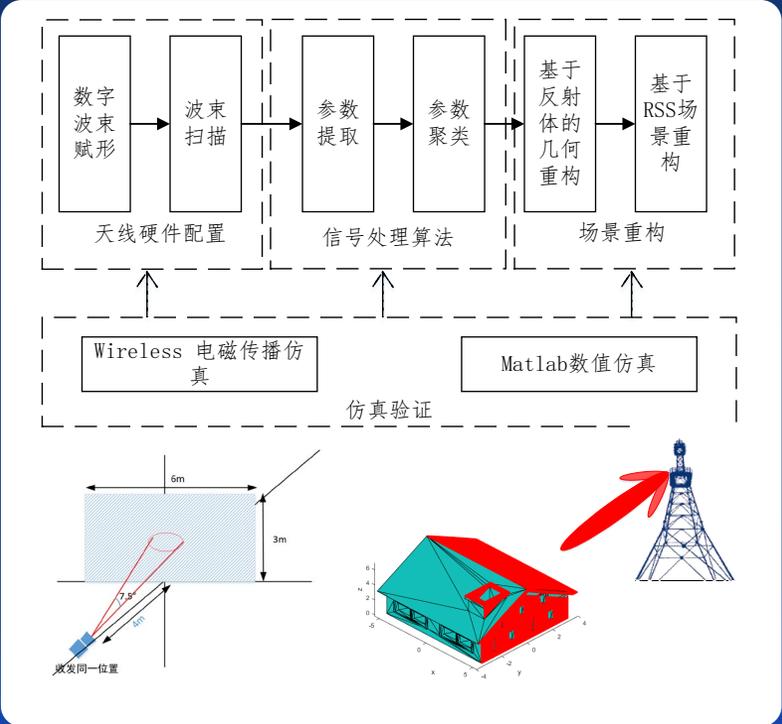
针对数字计算模型精度，借助6G无线电磁波感知与探测，可实现特定级别的快速动态建模。



现有倾斜摄影建模方法

解决思路及方法

该系统利用同侧收发分置天线发射并接收sub6G与毫米波频段通用OFDM信号，利用信道状态信息来估计反射体的位置与反射强度信息，基于此进行建筑物场景重构。系统整体可分为四个功能模块：天线硬件配置模块、信号处理模块、场景重构模块、仿真验证模块。

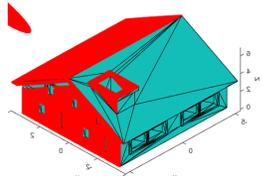


网络感知环境方法流程及原理

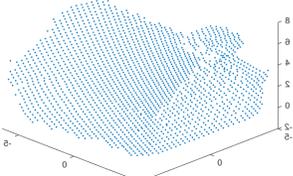
效果及意义

成果：基于MATLAB实现建筑体与城市环境重构。其意义如下：

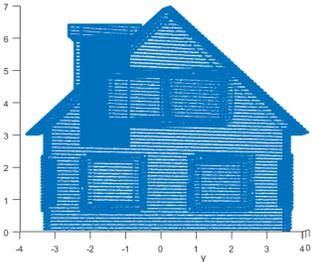
- ① 基于通信的无线信号，无需专用传感器，简单快速。
- ② 环境适应能力强，可在烟、雨、雾等恶劣环境下实现场景重建。
- ③ 数据处理算法简单，无需提前建库学习，且可泛化能力强。



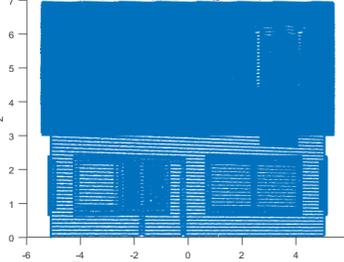
原型



无线测点模式



房屋y-z面视图



房屋x-z面视图

通感建模方法效果

面向5G ToC现网运营问题-容量规划与扩容方案-问题的提出

5G ToC数据业务流量增加迅猛



某运营上数据流量近年发展趋势分析

- ① 随着用户和业务逐向5G的迁转，5G网络流量快速增长
- ② 近年10月全网5G流量1400PB，环比增长11.9%，同比增长134%
- ③ 高校、交通枢纽等热点区域将会出现网络拥塞和用户感知下降的问题

5G ToB超密数据业务流量场景出现



5G ToB业务需求及分布示意

- ① 5G ToB面向行业应用，特定场景需求迅猛，出现ToC所未面临的问题
- ② 某智慧仓储物流中心已经出现200平方米10Gbps的数据流量需求
- ③ 5G ToB场景较ToC业务质量保障度要求更高，更应注重容量方案

面对5G迅猛发展，制定5G扩容标准、做好5G容量规划与扩容方案是运营商当前重点考虑的问题。

法

现有的方法及问题

- ① 现有5G扩容门限多为现网统计分析，对未来网络发展预测考虑不足，无法兼顾不同网络环境、站点的差异。



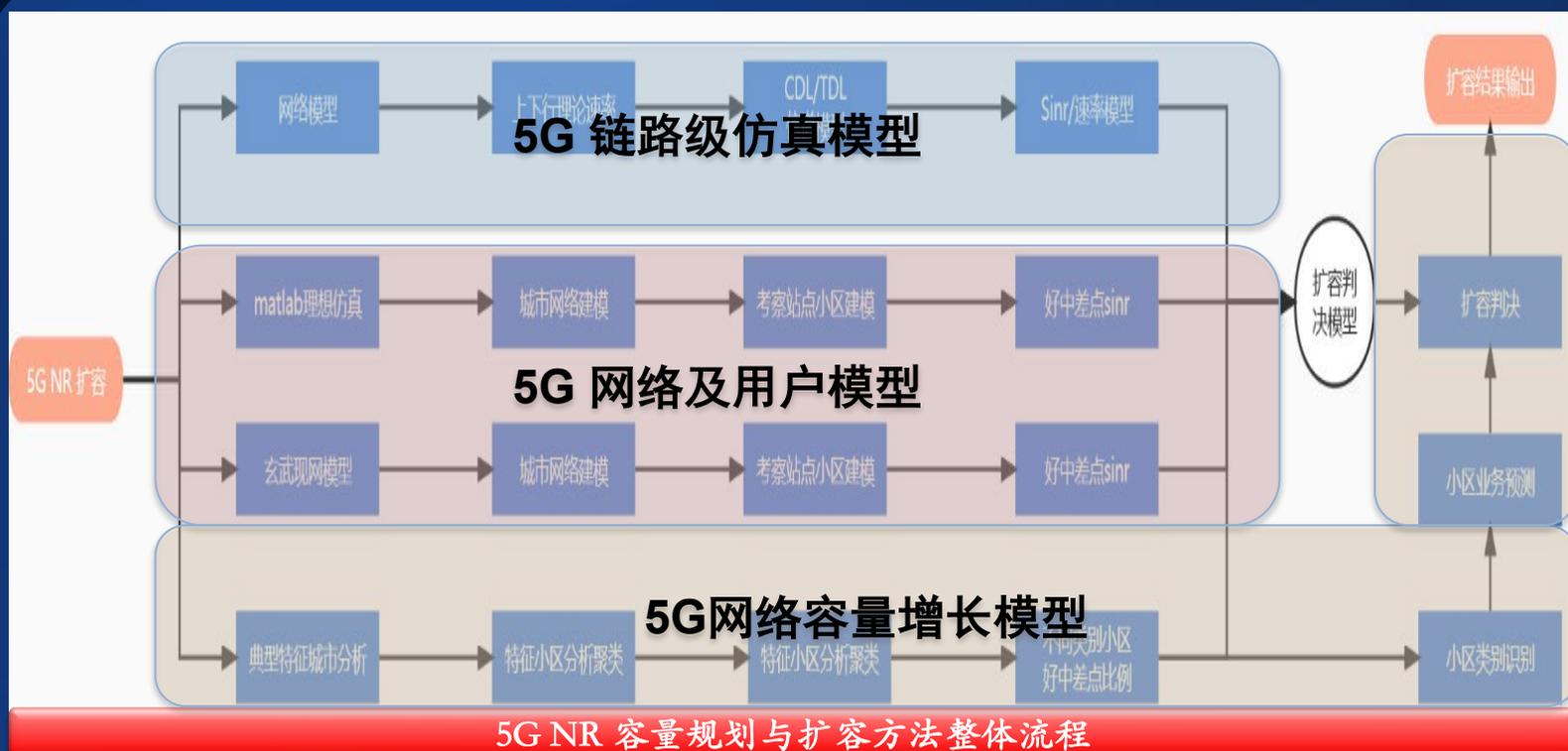
基于现网数据方法流程

- ② 对于未来网络/站点容量的预测算法较粗放，节假日、潮汐等效应考虑不足。



高密重载场景下的潮汐效应
容量潮汐效应趋势分析

本案思路及内容



5G NR 容量规划与扩容方法整体流程

- ① 5G链路级仿真模型：基于MATLAB，形成5G链路级算法模型，对5G速率与SINR精准建模。
- ② 5G 网络及用户模型：基于MATLAB，对网络、站点/小区、无线环境、用户分布等建模，构筑5G容量网络模型，解决典型网络环境下，用户SINR等指标分布模型。
- ③ 5G网络容量增长模型：综合考虑城市、站点、小区特征，兼顾节假日、潮汐效应等，借助MATLAB研发AI聚类及预测算法，解决网络/小区未来容量时序预测问题。

最终，综合考虑扩容判决门限与未来站点业务，科学、精准解决5G NR现网面临的容量问题。

面向5G ToC现网运营问题-容量规划与扩容方案-应用效果

基于MATLAB实现效果

- ① 采用MATLAB构筑5G理想链路级仿真网络模型。
- ② 首次引入玄武实际网络模型与理想综合模型的方法，综合评定5G NR 扩容门限及标准。
- ③ 对于扩容门限判决最终与商用方法综合评定，确保整体方法的精准与实用。
- ④ 对现有的扩容门限修正10%以上，提升整体方法的精准性与科学性。

Matlab模型计算结果

The average downlink rate of the cell is 422Mbps

容量组网仿真结果

指标	设备商及分析	MATLAB理想模型仿真	整体模型仿真 (含MATLAB处理)
小区扩容标准 (Mbps)	415	422	467
优化调整比例	-	1.69%	12.53%

不同用户分布对容量的影响

不同分布下速率

面向数字经济综合应用-典型场景-低空经济的创新应用

应用前景

低空经济式数字经济典型、创新业务场景，在未来有着深远的发展潜力。

图61: 全球民用无人机市场规模 (亿美元) 图62: 2025年中国无人机市场构成预测 (亿美元)



基于现网数据方法流程



低空经济产业链

解决问题及重点

运营商如何规划低空通信网络是网络数字经济的问题之一，技术研发空间大；

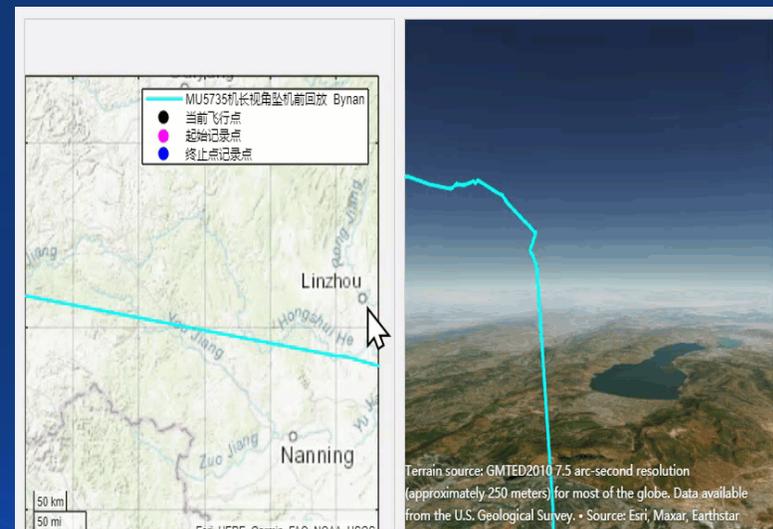
- ① 如何监测低空通信的质量；
- ② 低空如何实现入侵等安全监测；
- ③ 如何基于网络，保障低空通信覆盖是通信难点问题之一。



低空经济典型商业应用模式

面向低空经济的研发探索

- ① 对应网络规划，结合无线模块，实现可视直达重点区域网络覆盖；
- ② 对于测试数据，采用数据对接方式，快速实现海量数据与环境的沉浸感知；
- ③ 模拟无人机视角，感知实景网络；
- ④ 借助通感等，实现低空空域范围的入侵监测，确保低空空域安全。



MU5735空中监控回放与分析

目录

CONTENTS

- 01 公司简介
- 02 5G及未来网络数字经济
- 03 创新网络方案思路与应用
- 04 总结及展望**

未来整体算法研发构架模式

卫星NTN

6G RIS

通感一体化

无线电磁环境 AI分析

mm Wave

SDR ……

应用打包及发布模块



基站产品研发
面向芯片算法级研发

闭环测试研发平台/
辅助数据/技术产品

方案技术仿真

AI算法设计模块

物理层设计模块

链路级/系统级仿真模块

运行数据

测试数据

玄武仿真数据



感谢聆听！

深度交流
赋能数字经济发展！

