



重庆邮电大学建校70周年
The 70th Anniversary of the Founding of Chongqing
University of Posts and Telecommunications

第四届全球未来网络发展大会 2020. 6. 20-21

ICN 在星地融合组网中的 机遇与挑战

重庆邮电大学
新一代信息网络与终端省部共建协同创新中心

雒江涛

初心系国脉 奋进i时代

Holding onto Original Aspiration
Advancing in Global i-Era

目录



星地融合组网之大势



ICN 发展之路



ICN 的机遇与挑战

新基建：卫星互联网位列其中

- 4月20日，国家发改委召开新闻发布会，公开阐述“新基建”：
- **新型基础设施**，是以**新发展理念**为引领，以**技术创新**为驱动，以**信息网络**为基础，面向高质量发展需要，提供数字转型、智能升级、融合创新等服务的**基础设施体系**；
- “新基建”包括三大方面：**信息基础设施**、**融合基础设施**和**创新基础设施**；
- **卫星互联网**作为**通信网络基础设施**被纳入“新基建”范畴，成为**国家战略性工程**。



5G、
物联网、
工业互联网、
卫星互联网等

人工智能、
云计算、
区块链等

数据中心、
智能计算中
心等

通信网络
基础设施

新技术
基础设施

算力
基础设施

信息基础设施

硅谷狂人马斯克与星链 (Starlink)

- SpaceX 计划在2025年前发射 **1.2万**多颗卫星组成低轨卫星 **Starlink** 网络
 - 340 km (7518颗)
 - 550 km (1584颗)
 - 1150 km (2825颗)
- 2019年5月, 首枚“一箭60星”火箭携带 60 颗Starlink卫星发射, 拉开组网序幕。
- **2020年6月3日** (当地时间), SpaceX 第 **8**批“**一箭60星**”发射成功, 已将 **480 + 2** 颗卫星送入轨道。



Elon Musk, Tesla 和 SpaceX CEO

什么是卫星互联网？

□ **卫星互联网**是基于**卫星通信的互联网**。

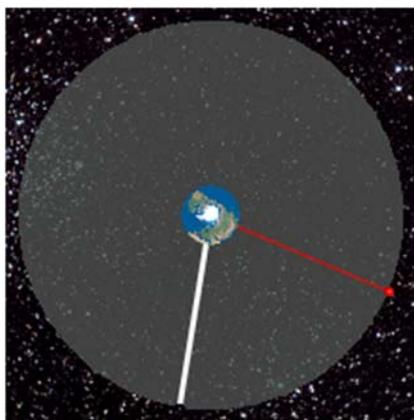
□ 过去的卫星通信系统：

- 地球同步卫星GEO
- 铱星系统（LEO）：提供**全球卫星**语音和**低速数据业务**

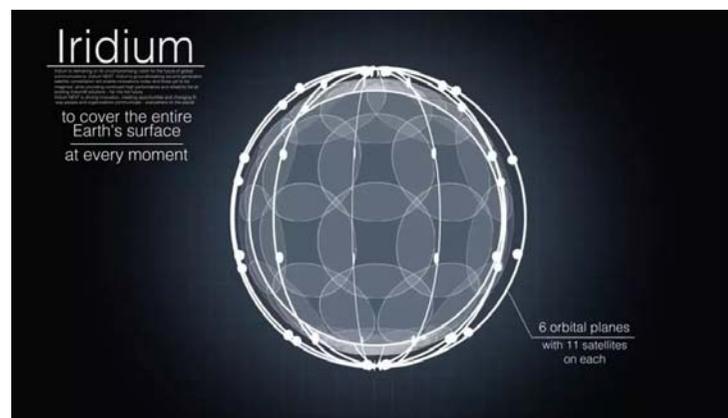
□ 卫星互联网：有时特指主要**基于LEO**实现的互联网服务

□ 服务内容：

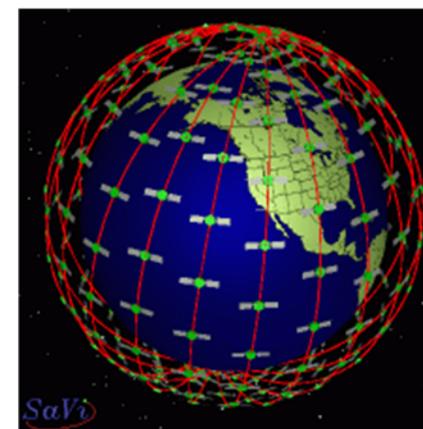
- 向地面和空中终端提供**宽带互联网**；
- **广覆盖，低延时、宽带化、“低成本”**。



地球同步卫星 GEO, 35,786 km



铱星系统、新铱星, 780 km



近地轨道卫星 LEO, 400~2000 km

国际卫星互联网现状：主要星座

星座	卫星数量	轨道 (km)	工作频段	星间链路	全球服务能力	支持业务	传输能力	已发射数量
Iridium Next	66	780	Ka/L	有	支持	移动通信、宽带通信、ADS-B、导航增强、物联网	移动：1.5Mbit/s 以下； 宽带：8Mbit/s	66
Global Star	48	1414					9.6kbit/s	42
Orbcomm	约47	740-975 (二代)					(上行) 行)； +4 倍以上	35
OneWeb	720	1200					s /s	71
O3b	60	8,062 (MEO)						16颗
Starlink (美国 SpaceX)	4425+ 7518	340-550-1150						480
TeleSat	约117	1000	Ka	有	支持	宽带互联网接入	上行：50Mbit/s 下行：10Mbit/s	已发首颗

形势紧迫：

- 抢占轨道和频段资源
- 解决偏远地区通信问题 【商业】
- **威胁我国卫星产业安全**
- 急需发展自主卫星互联网核心技术
- 急需提升我军全球宽带通信能力

国家卫星工程

行云工程 (航天科工) 80颗卫星, LEO轨道

时间	进程
2017.01	“行云实验一号”入轨
2018.03	“行云工程”正式启动
α 阶段 2020.05	“行云二号01星、如云二号02星”入轨
β 阶段	实现小规模组网
γ 阶段	实现全系统构建

天基互联网星座 (九天微星、中科天塔) 72颗卫星, LEO轨道

时间	进程
2018.12	瓢虫系列7颗卫星入轨
2021.12	部署12星、24星、72星

鸿雁星座 (航天科技) 300颗卫星, LEO轨道

时间	进程
2018.12	首颗实验星“重庆号”
2020.12	建成“2+4+2”系统
2022.12	一期60颗卫星组网运营
2023.12	建成窄带系统
2025.12	建成宽带系统

虹云工程 (航天科工) 156颗卫星, LEO轨道

时间	进程
2018.12	首颗技术试验星“虹云武汉号”入轨
2020.12	发射4颗业务星, 组成小星座
2025.12	实现156颗卫星组网运行

重大部署

天象星座
中电科集团
60颗综合+60颗宽带星
LEO轨道

时间	进程
2019.06	天象1星、2星入轨, 构建开放式试验平台

银河Galaxy卫星星座 (银河航天) 650颗卫星, LEO轨道

时间	进程
2020.01	首发星“银河一号”入轨, 在国内第一次验证Q/V/Ka频段通信

2019~2020

数据来源: 赛迪, 《新基建”之中国卫星互联网产业发展白皮书》

国家科技计划布局

□863/973、国家科技支撑计划等都有布局

- 基于2G技术的天通一号卫星地面应用系统
- 基于 LTE 的地面验证系统

□国家重点研发计划“宽带通信与新型网络”重点专项(2020)

- 3.1 面向天地一体化空间智能计算的卫星组网技术
- 3.2 面向天地一体化大规模星座超密组网系统设计及性能评估技术
-

□国家自然科学基金委联合基金

□科技创新2030重大项目-“天地一体化信息网络”

□国防科工与军民融合来源*

3. 卫星通信技术

3.1 面向天地一体化空间智能计算的卫星组网技术（共性技术类）

研究内容：为了进一步提升覆盖性能和快速响应能力，减少全球布站，下一代卫星通信网络应具备较强的在轨处理能力，能够高效地调度天基资源完成通信、组网和业务处理，实现在轨服务。面向多种垂直行业的智能通信服务保障需求，开展空间高效能、高性能、智能化组网和在轨服务技术研究，突破空间高性能异构分布式通信协议和业务处理、星地融合的网络虚拟化服务、空间移动边缘计算、通信载荷和资源的智能管控等关键技术，完成地面原型系统设计和演示验证。

考核指标：具备平台在轨自主运行管理能力；支持高低轨组

3.2 面向天地一体化大规模星座超密组网系统设计及性能评估技术（共性技术类）

研究内容：随着低成本小卫星技术的发展，星座规模不断扩大，空间超密组网对系统设计及性能评估提出了新的挑战，特别是在频谱资源管理、超密组网架构和协议设计、网络运行维护以及性能评估等方面。针对未来上万辆卫星构成的星座系统，开展多轨道大规模星座网络架构优化设计、宽窄结合/高低频结合的组网协议设计、协调用频和干扰管理、资源分配、高效运维、即插即用、性能评估等关键技术研究，研制半物理仿真演示验证系统。

考核指标：设计支持星座规模不小于10000颗；流量密度提升10倍；支持激光、毫米波和低频段；支持宽带、窄带等多种通信手段的综合利用和干扰管理；支持多种轨道的混合组网；建立完善的性能评估体系；仿真系统具备多种网络架构、协议、算法、

空天地一体化网络

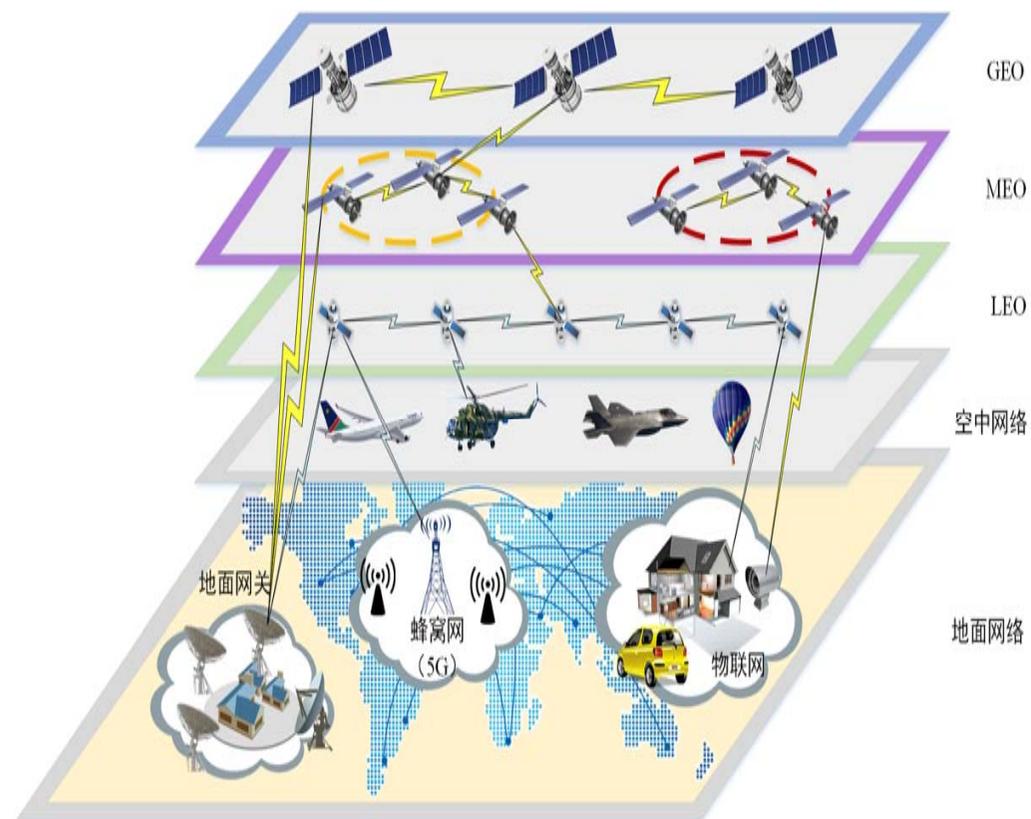
□ **天基**：卫星网络由卫星、星座以及相应的地面基础设施(例如地面站和网络运营控制中心等组成)。

- 地球同步轨道(GEO)卫星：天基骨干网
- 近低轨道(LEO)卫星：天基接入网

□ **空基**：浮空平台、飞行器等

□ **地基**：主要地面信息港、陆地移动通信网络、互联网等；

□ 扩展至其他域：深空、海洋等



空天地海等一体化网络既是未来网络的基本形态，也是主要的应用场景

“星地融合组网” 是关键

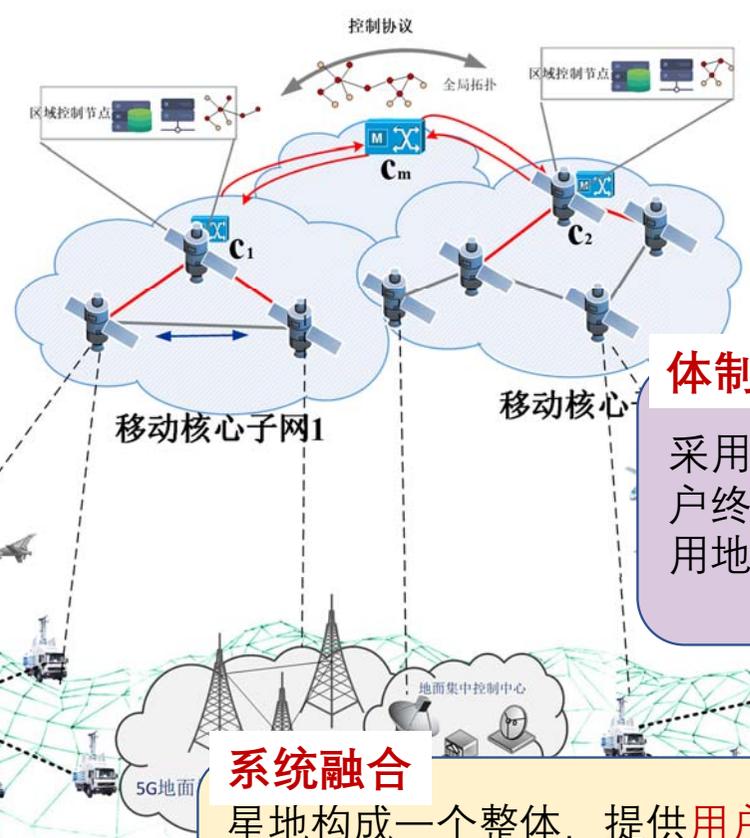
覆盖融合

卫星网络用于补充覆盖地面网络，两者仍然是相互独立的网络，提供的业务和采用的技术互不相同。



业务融合

两者仍然独立组网，但能够提供相同或相似的业务质量，在部分服务QoS指标上到达一致水平。



用户融合

使用同一的用户身份（码号）提供服务，用户身份唯一、统一计费，网络按需选择利用卫星或者地面网络提供服务。

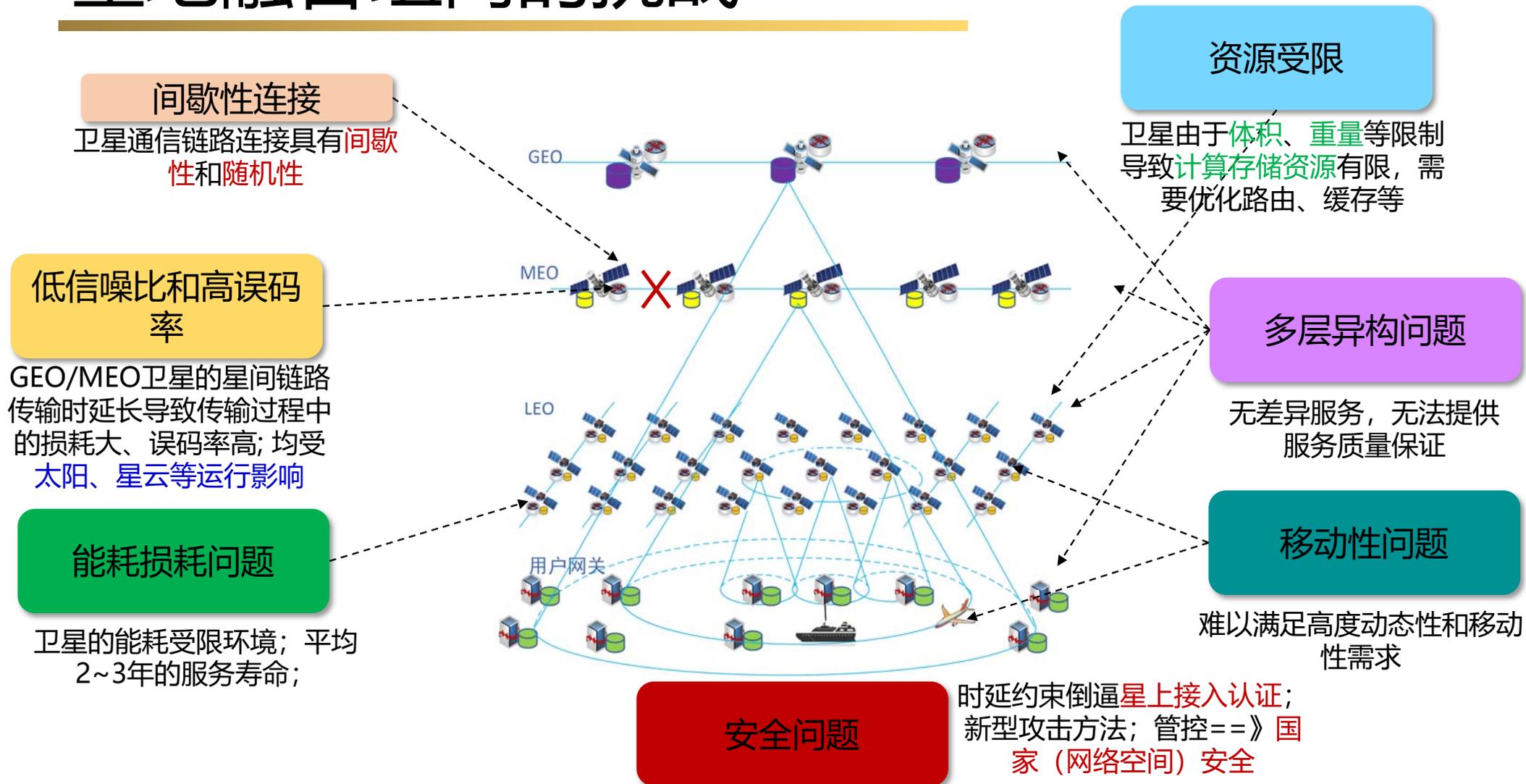
体制融合

采用相同的架构、传输和交换技术，用户终端、关口站或者卫星载荷可大量采用地面网技术成果。

系统融合

星地构成一个整体，提供用户无感的一致服务，采用协同的资源调度、一致的服务质量、星地无缝的漫游。

星地融合组网的挑战



目录



星地融合组网之大势



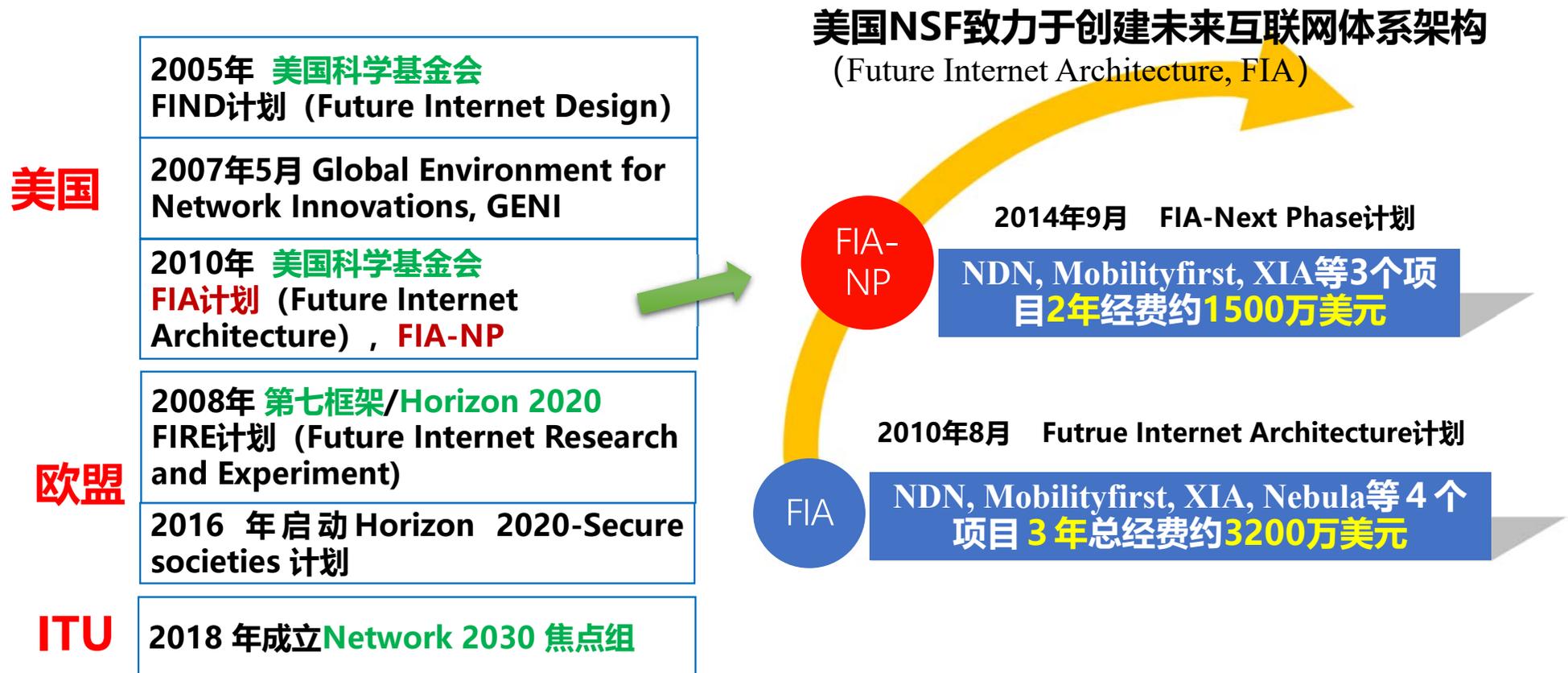
ICN 发展之路



ICN 的机遇与挑战

未来网络发展历程：国外

来自《全球未来网络发展白皮书》（2019版）



未来网络研究仍处于探索阶段，为我国信息科技领域提供了几十年难得一遇的战略机会

未来网络发展全貌：国内

来自《全球未来网络发展白皮书》（2019版）

国内的未来网体系架构设计

国家/准国家级平台与大装置

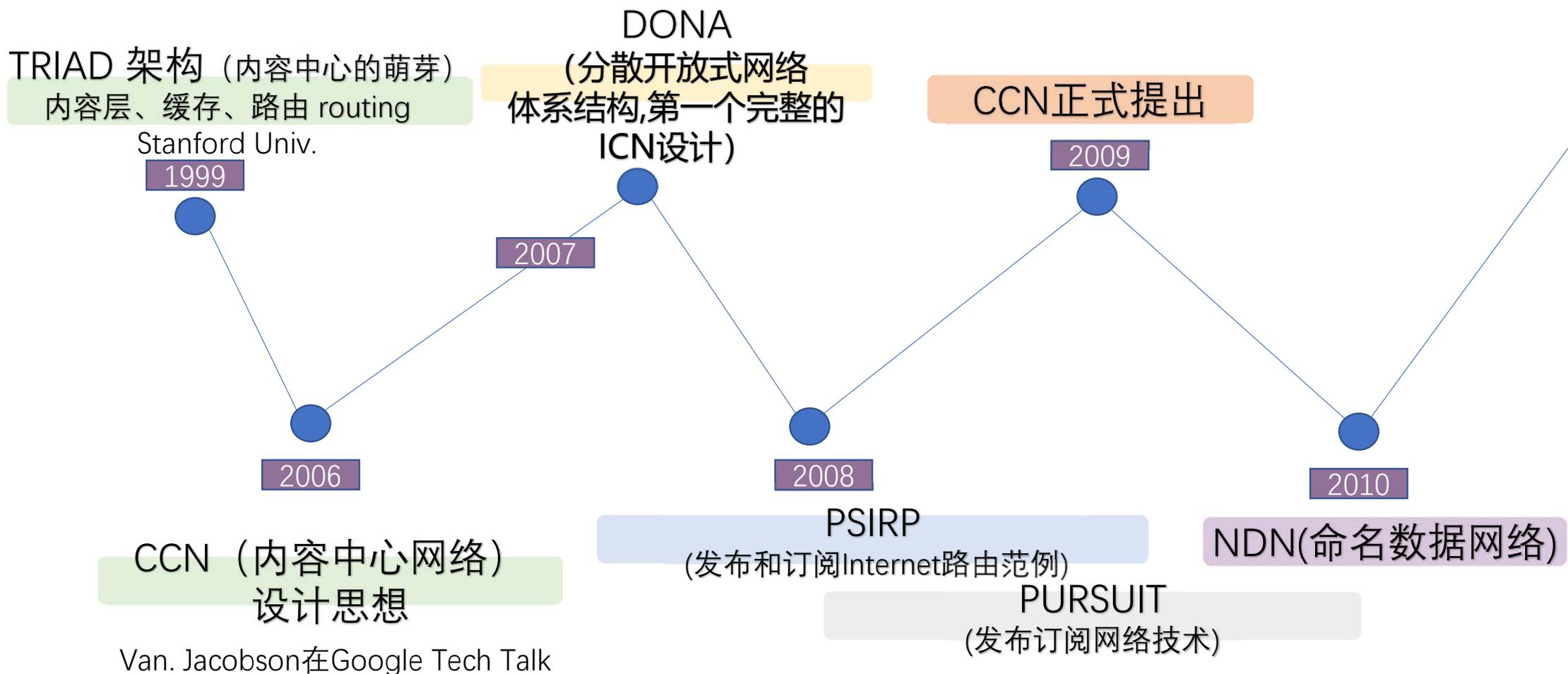


CENI 启动



大湾区未来网络试验与应用环境（鹏城实验室）

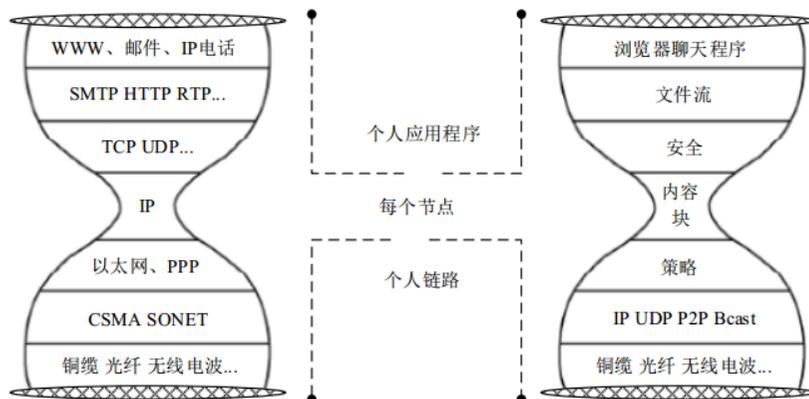
ICN 发展历史



ICN/NDN 的主要特点

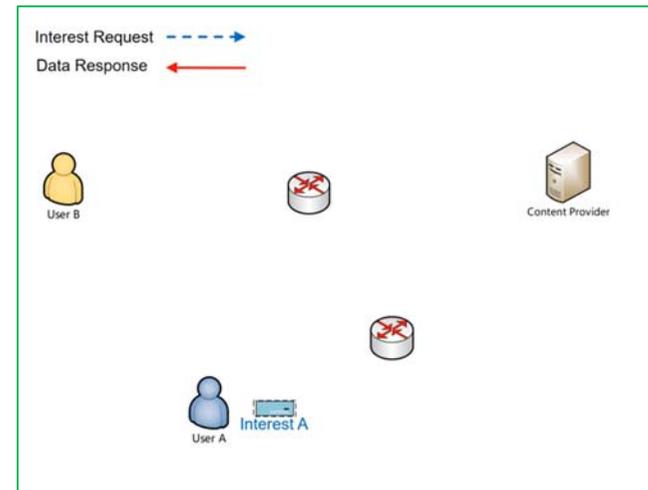
□ 从应用层 (HTTP) 借来 GET 操作, 放到网络层 (命名数据)

- 数据命名、内容已知
- 用户驱动: PULL 模式
- 两种包: **Interest**– GET 操作;
Data --》GET 响应



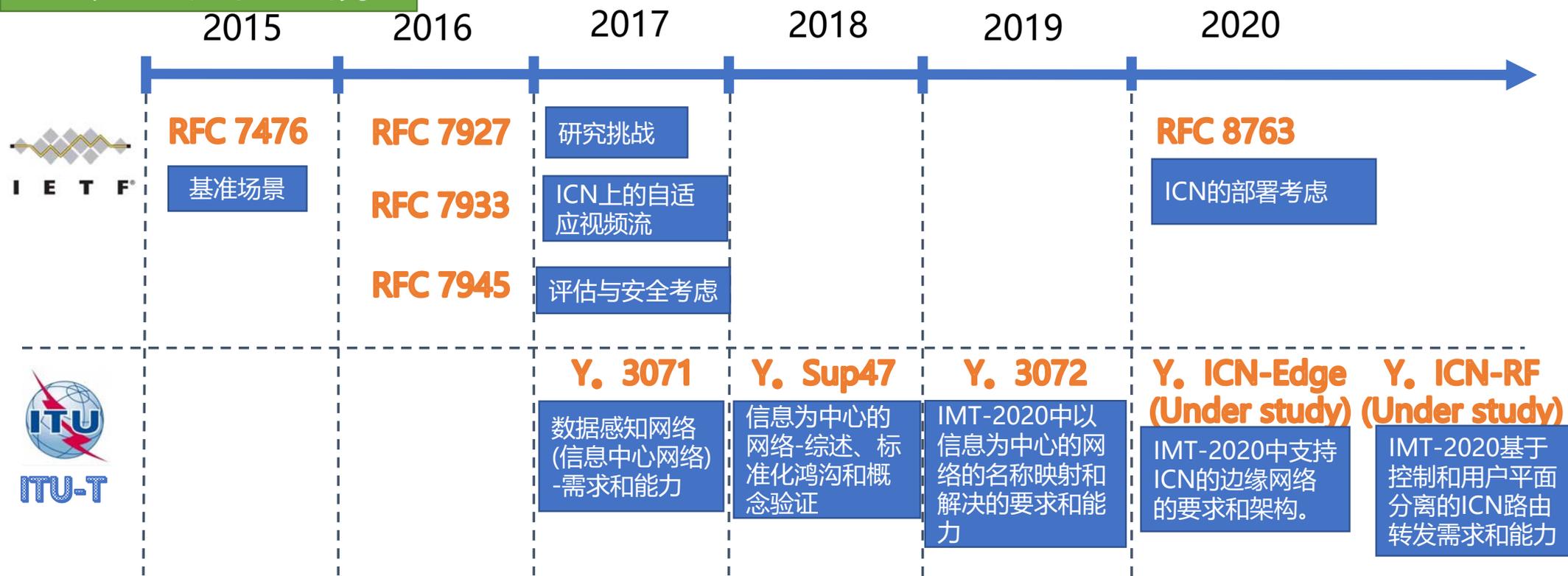
□ 其他特色

- 网内缓存: 靠近用户
- 有状态的转发
- 基于内容加密的安全
- 天然多播...



ICN 的标准化之路

2012年IRTF成立了ICN研究组



ITU-T SG13 (未来网络研究组)

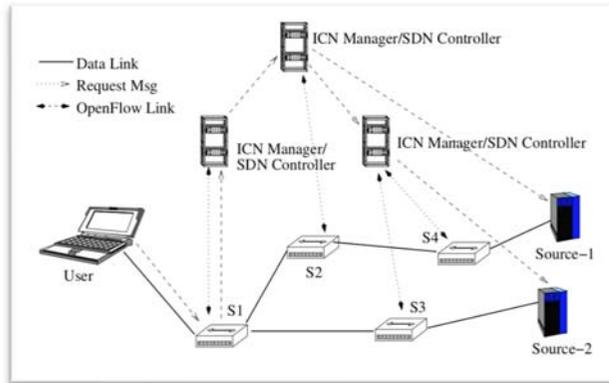
北京邮电大学牵头的ITU-T国际标准“基于ICN和区块链技术的去中心化物联网通信体系结构”获准立项, 5.6-16,

ICN的实施与部署

From RFC 8763

1) ICN-as-an-Overlay

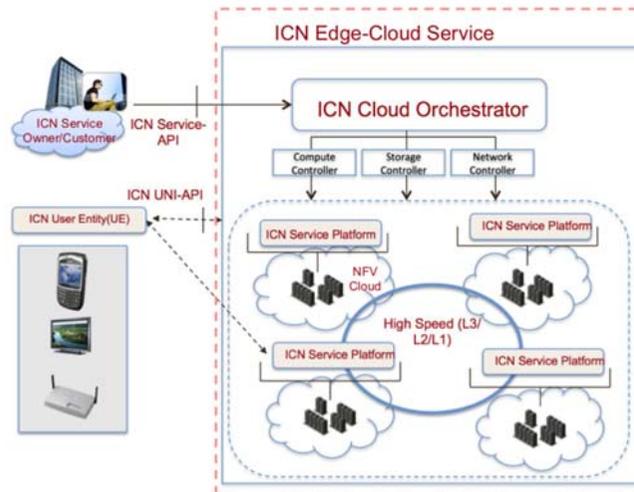
Overlay 部署方法可以通过 CCNx UDP, ICN-in-L2-in-IP 等方式实现。



Shailendra, Samar, NCC 2015

2) ICN-as-an-Underlay

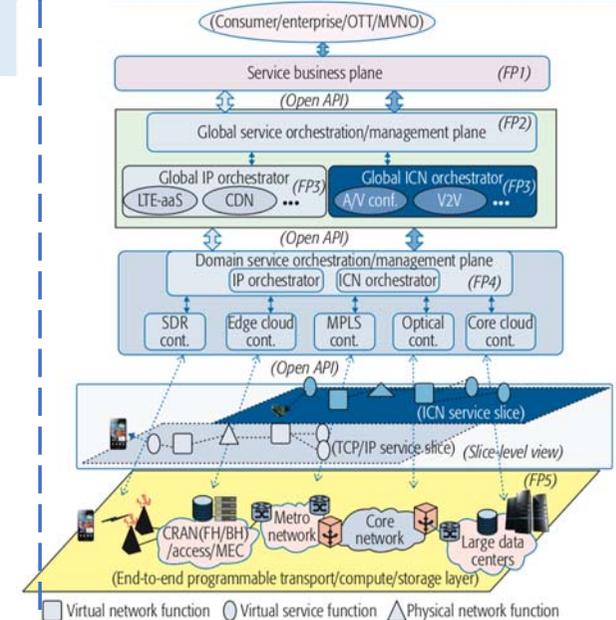
ICN作为孤岛的Underlay。在ICN岛之外，应用正常的IP路由协议。在ICN岛内，适用基于ICN的路由方案。网关在两个路由域之间传送消息的语义内容。



R. Ravindran, Cloudnet 2013

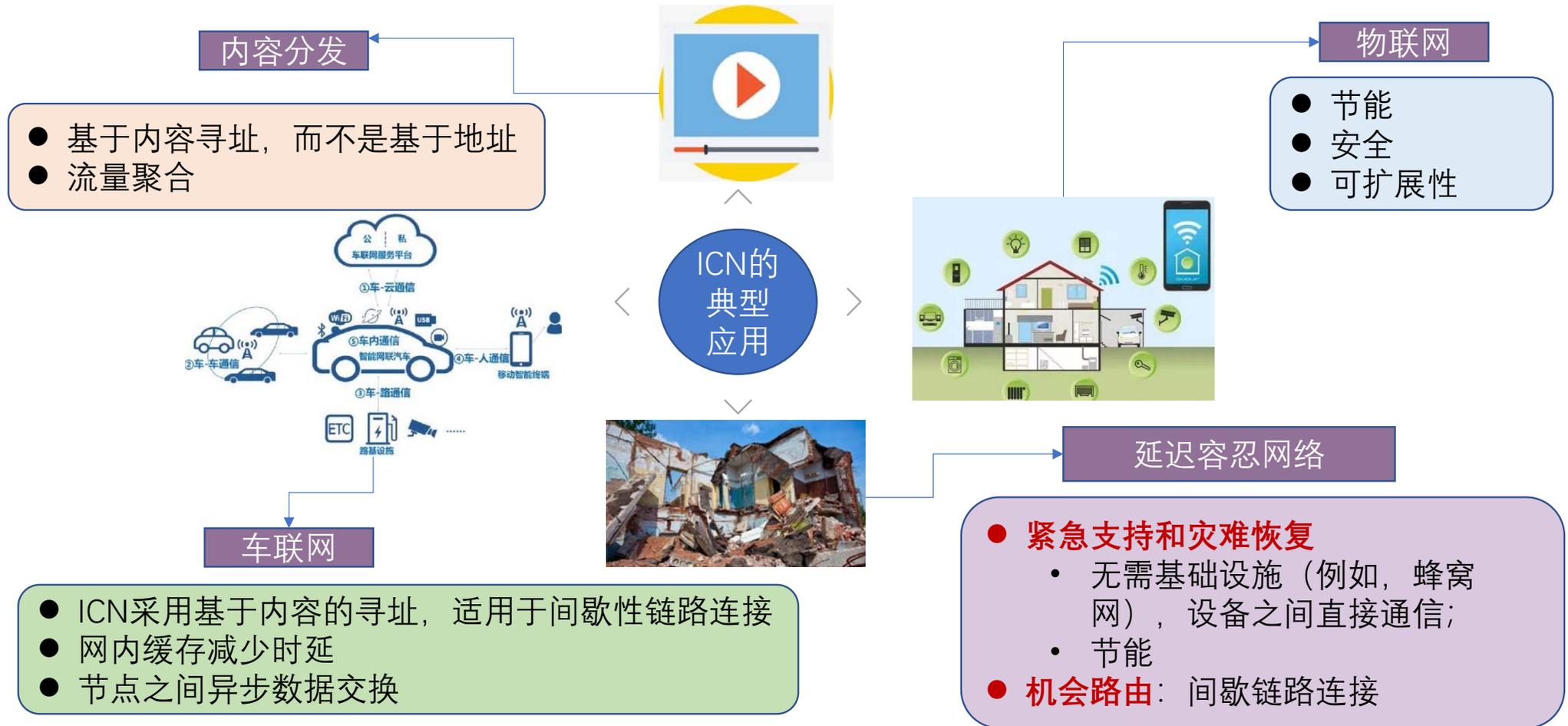
3) ICN-as-a-Slice

通过NFV和SDN技术，实现具有自己的控制和转发平面的ICN切片。



R. Ravindran, IEEE Comm. Mag. 2017

ICN的典型应用



目录



星地融合组网之大势



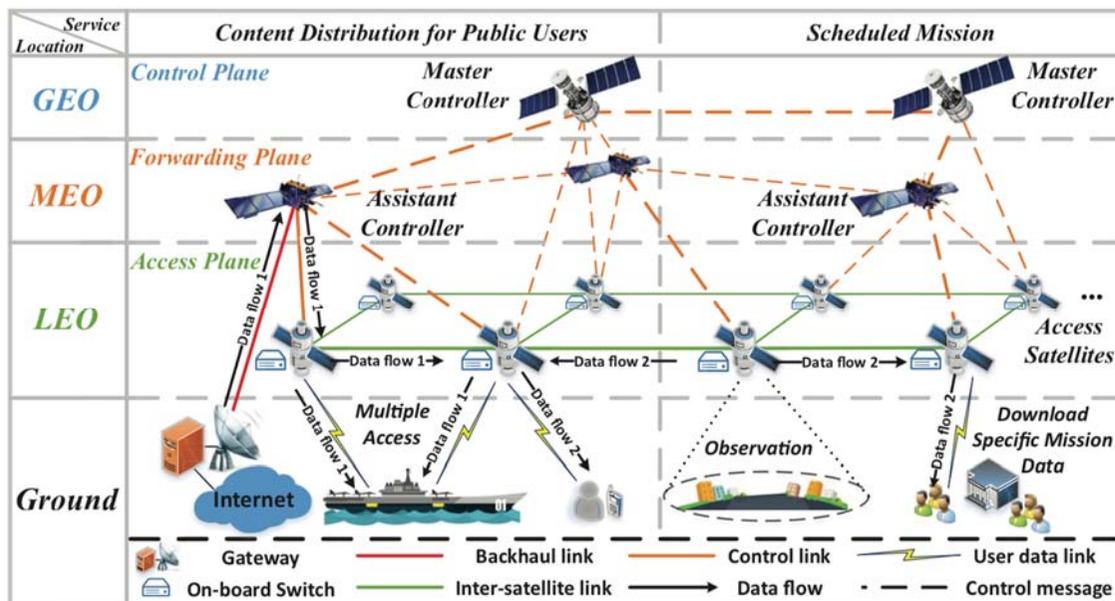
ICN 发展之路



ICN 的机遇与挑战

ICN 星地融合组网中的机遇

(1) 基于 ICN 的星地融合组网架构设计



一种 ICN/SDN 的星地融合组网架构：

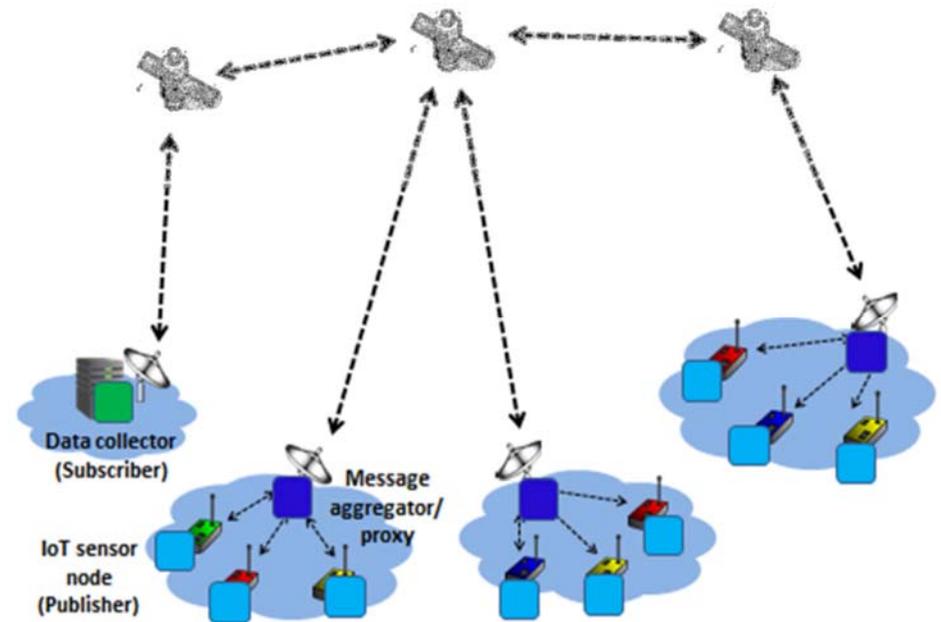
- 针对内容检索应用中流量贡献最大的问题，提出了一种简单有效的地面用户协同内容检索方案；
- 为了充分利用网内缓存，进一步提高内容检索的效率，提出了一种协作缓存方案和一种编码缓存方案。
- 为了实现与 ICN 的兼容，设计了一种基于 POF (protocol oblivious forwarding) 的星上交换机。

ICN 星地融合组网中的机遇

(2) 利用 ICN 在星地融合网络中支持物联网

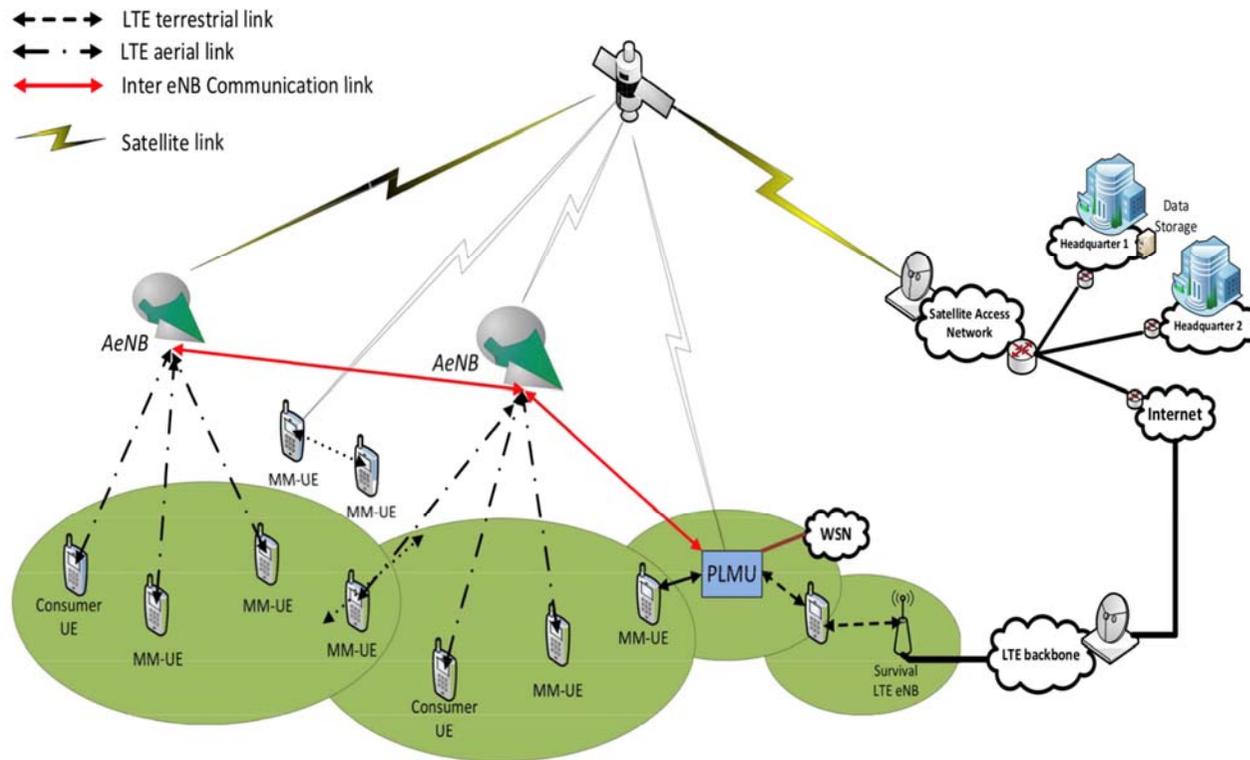
在基于信息中心网络 (ICN) 的卫星-地面融合网络场景下, 提出物联网传感器网络通过 LEO 卫星连接的三种优化模型:

- 基于 PubSub 模式
- 代理的消息聚合
- 单一代理对数据加密
- 每个物联网节点单独使用代理



ICN 星地融合组网中的机遇

(3) 基于 ICN 的卫星辅助应急通信



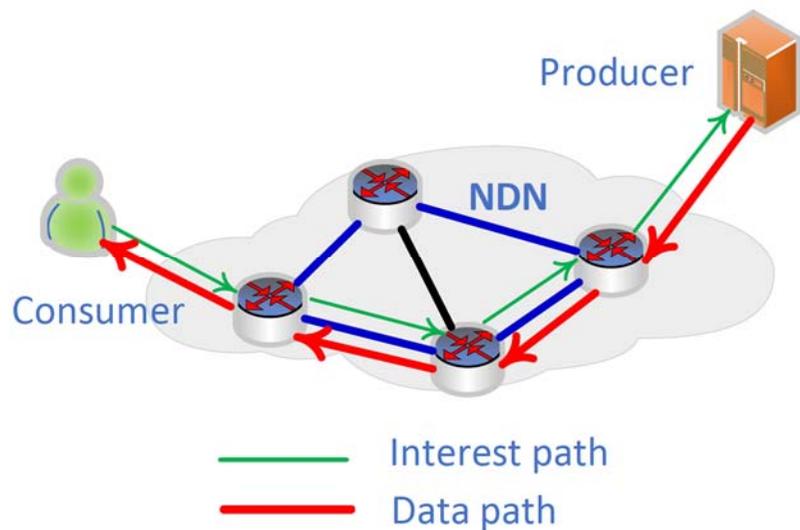
利用热气球搭建 AeNB 应用 ICN 向受灾地区提供应急解决方案。

应用 ICN 的多路特性，仿真性能比 IP 应急方案提升近一倍。

Source: T. de Cola, G. Gonzalez and V. E. Mujica V, "Applicability of ICN-Based Network Architectures to Satellite-Assisted Emergency Communications," 2016 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), Washington, DC, 2016, pp. 1-6.

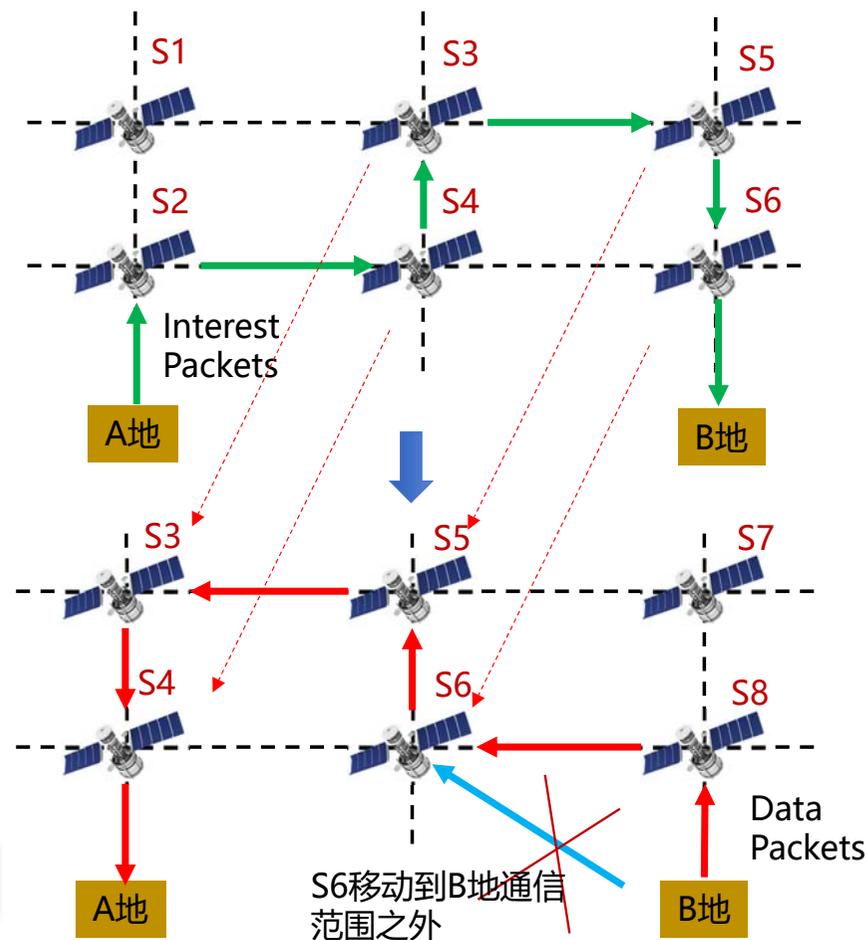
关键挑战一：向 ICN 2.0 演进

(1) 对称架构向非对称演进



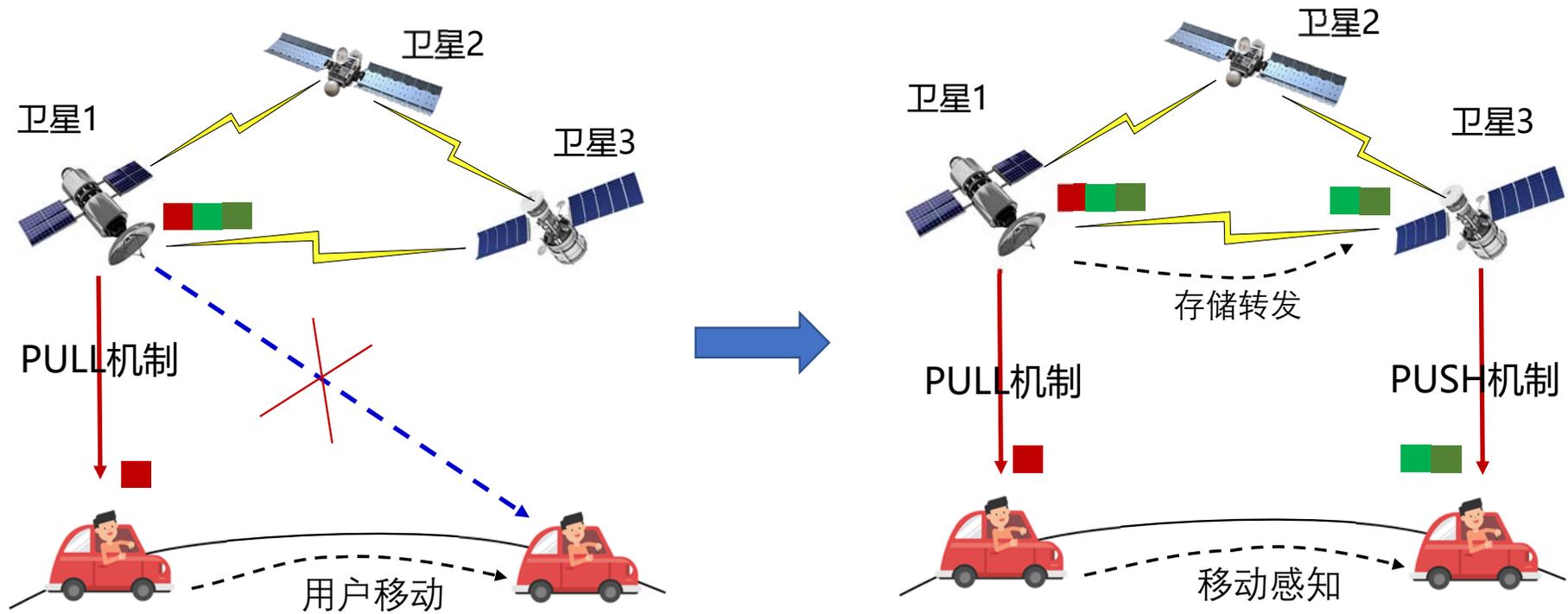
传统NDN/ICN 的路由设计

ICN 反向路由机制不适用于卫星互联网环境



关键挑战一：向 ICN 2.0 演进（续）

(2) PULL 向 PULL/PUSH



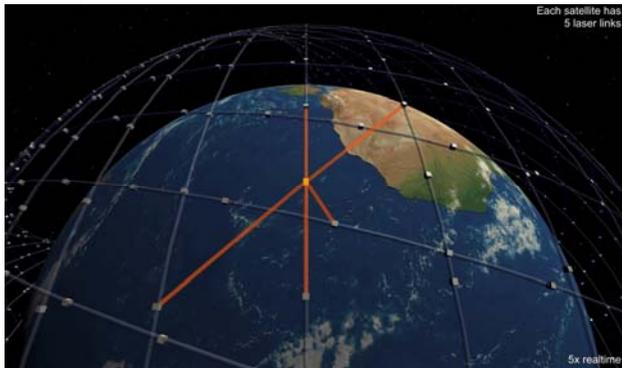
关键问题二：路由机制

命名规则

- 资源统一命名
- 内容的命名机制
- 设备的命名机制

拓扑发现

- 卫星节点加入、移动、退出
- 客户端加入、移动、退出



链路质量感知与估计

- 感知无线空口资源、卫星的运行轨迹、天线角度等
- 星间链路带宽容量、时延、传输能耗估计

智能路由策略

- 基于位置预测的路由策略
- 基于能量消耗的路由策略
- 基于传输延迟的路由策略
- 与 MPLS 结合
- 智能分段路由

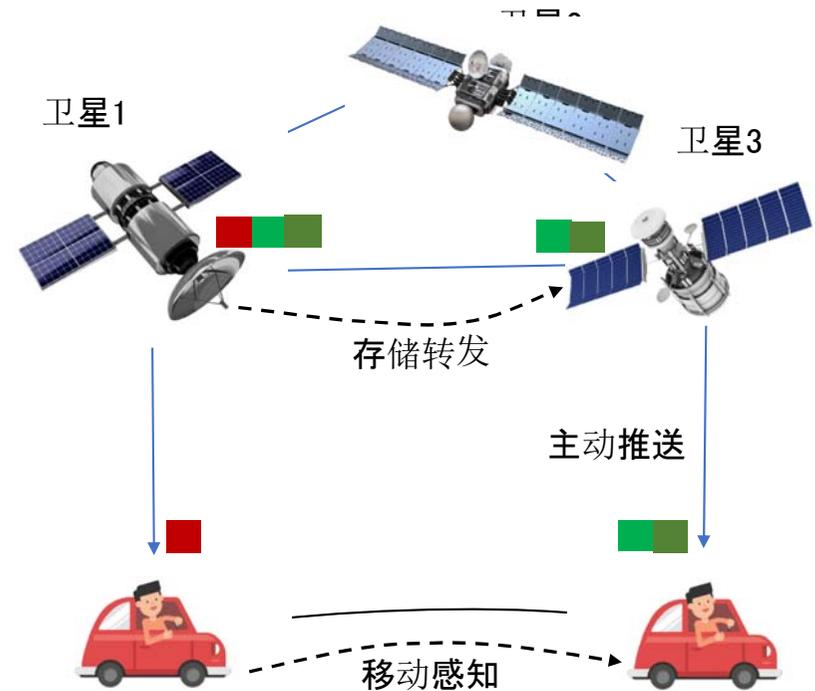
关键问题三：移动性支持

网络移动性新挑战：

- 消费者移动性
- 生产者移动性
- **网络移动性** (*)

全局缓存优化策略

- **逐跳缓存**克服卫星通信链路连接具有间歇性和具有随机性
- 全局缓存感知
- 移动感知与预测性调度
- 主动推送



关键问题四：层次化感知与智能资源调度

□网络状态感知

- 卫星节点及其位置、用户位置、无线空口资源、传播环境信息测量

□内容及服务感知

- 基于 ICN 的内生能力
- 星上与地面、内容及缓存

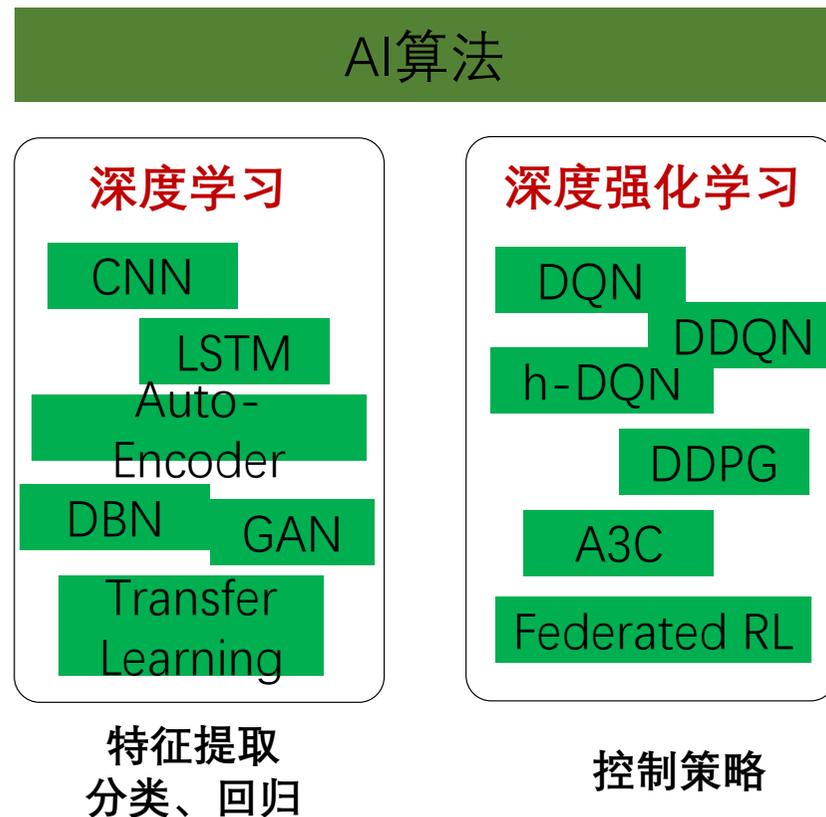
□业务负载感知

- 用户请求数量、类型

□跨层智能感知

- 业务场景与网络行为认知

□全网智能管控



关键问题五：安全性

□数据安全

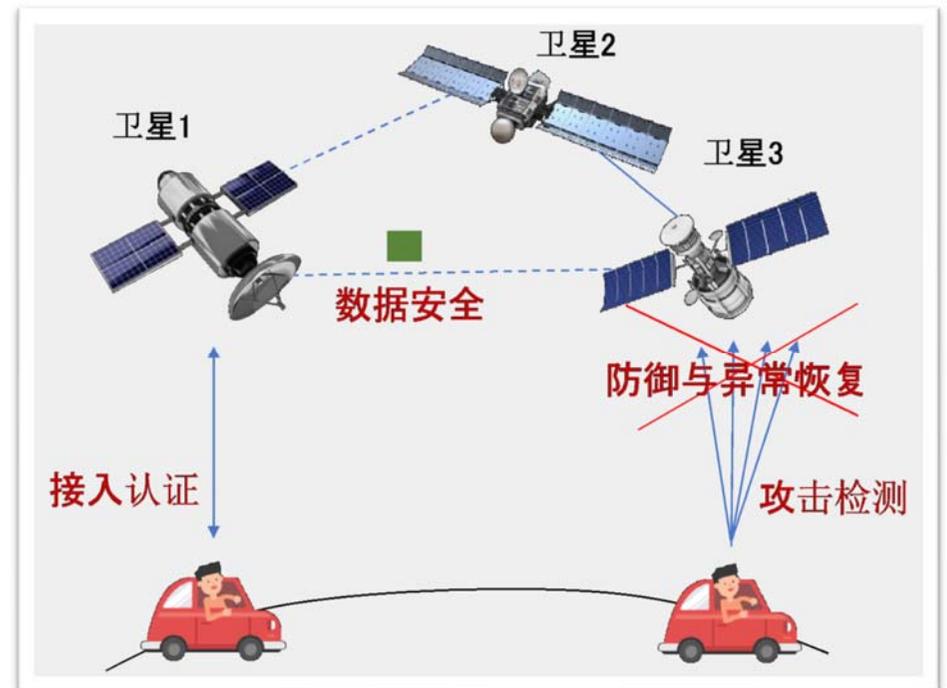
- 内容发布者与内容的绑定
- 缓存数据安全

□接入认证

- 星间组网认证
- 用户接入星上认证
- 用户匿名认证

□攻击检测与主动防范

- 缓存洪泛攻击的检测与防范
- 缓存污染的检测与防范
- 星际链路的攻击检测与防范



总结

- 星地融合是实现空天地一体化的关键；
- 未来网（含ICN）研究、标准化、部署等方面取得了重要进展；
- ICN 在星地融合组网中有不少研究机会，但自身仍需革新。



感谢聆听!

Web: eini.cqupt.edu.cn

Email: Luojt@cqupt.edu.cn

Mobile: 18680886698

