



基于大数据的通信、存储与计算技术

刘娟

宁波大学 信息学院

liujuan1@nbu.edu.cn

2018年10月27日

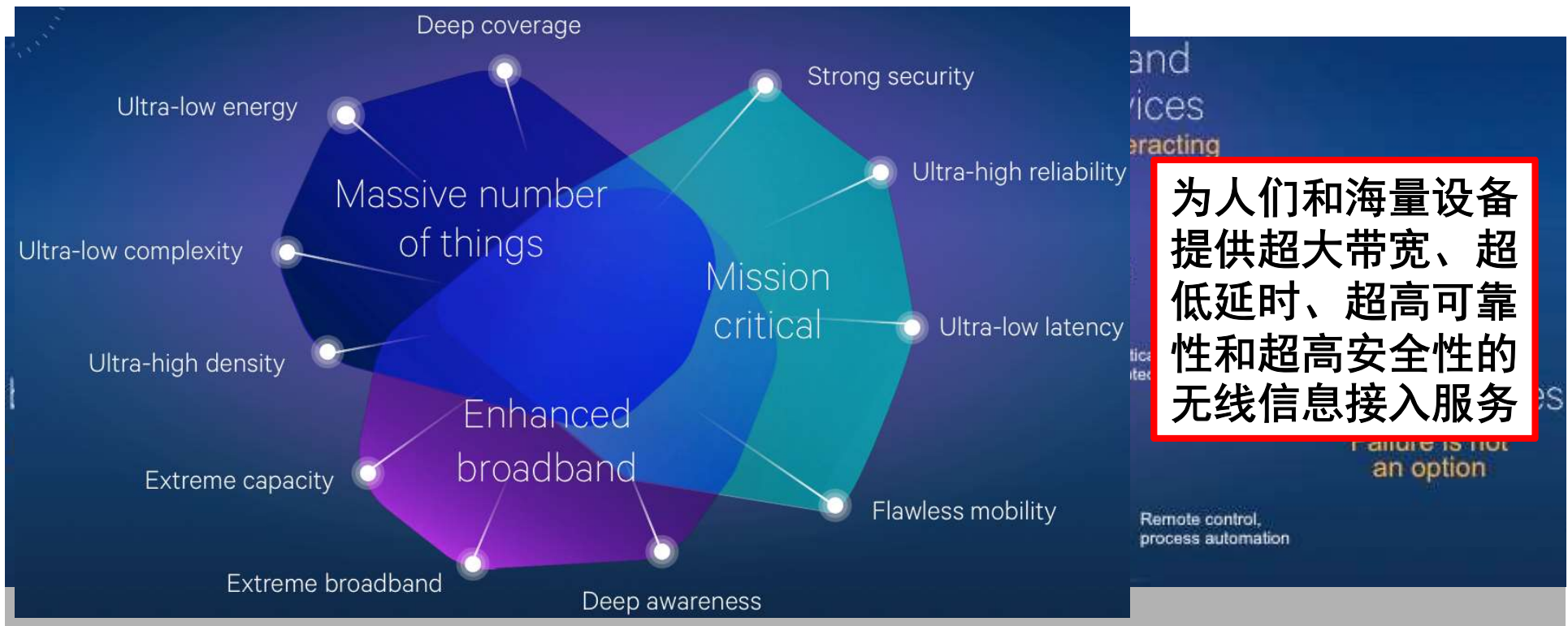
未来无线网络

2015年3月，十二届全国人民代表大会第三次会议,李克强总理政府工作报告：

制定“**互联网+**”行动计划，推动**移动互联网**、**云计算**、**大数据**、**物联网**等与现代制造业结合，促进电子商务、工业互联网和互联网金融健康发展，引导互联网企业拓展国际市场。

美国国防部高级研究计划署（DARPA）指出：

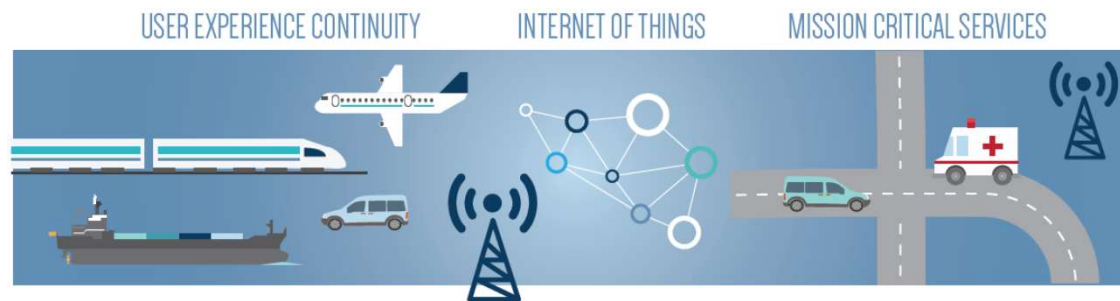
未来无线通信是现有**移动通信网**、**物联网**、**车联网**、**传感网**等网络的**融合与演进**，必将更加深入的渗透到人类社会的各个层面，更深刻的改变人们的生产、生活和学习方式。



业务特性及典型应用

❖ 业务特性

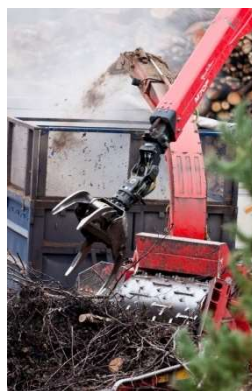
- 高速率-AR/VR视频业务
- 低能耗-物联网传感器
- 低延时-紧急救援业务



5G PPP

❖ 应用场景

- 自动驾驶，交通
- 教育，多媒体
- 智慧城市
- 政府
- 医疗

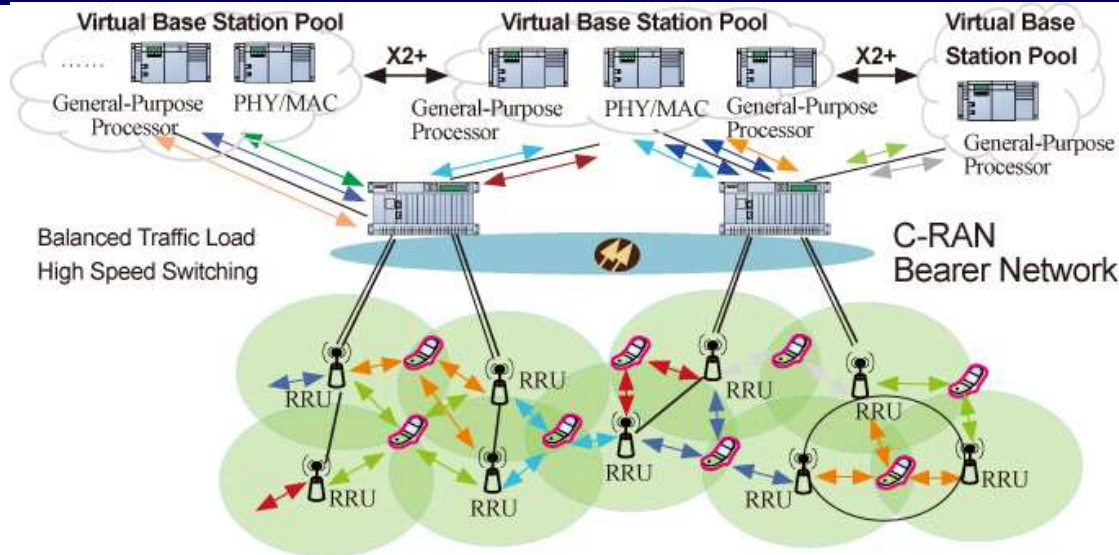


Interaction
Human - IOT

Critical
Control of
Remote
Devices

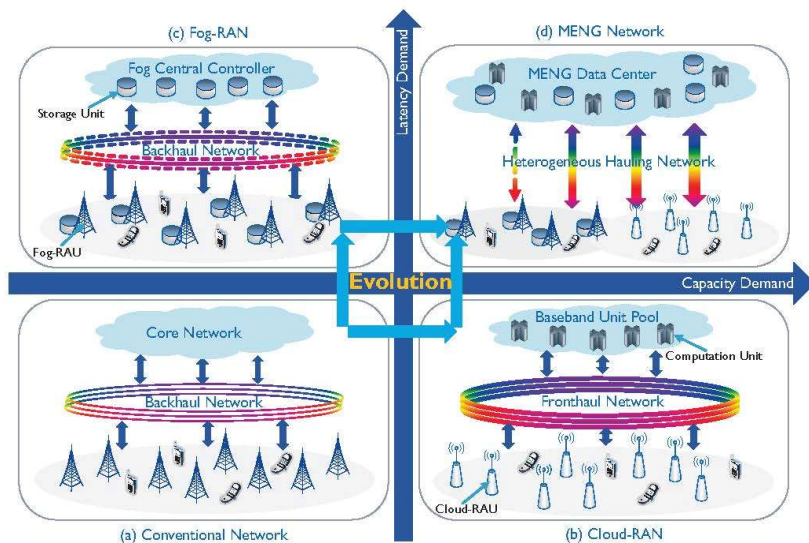


云和雾-无线接入网



Cloud-RAN

- 体现了SDN的思想
- 基于云计算的虚拟基站池
- 仅有射频功能的远端天线单元
- 基于大容量光纤的回程网络



Fog-RAN

- 体现通信-计算-存储融合的思想
- 利用分布于网络边缘的计算和存储资源
- 基于缓存的超低延时传输机理
- 与Cloud-RAN互为补充

面向业务和信道特性的随机调度

❖ 速率与传输延时

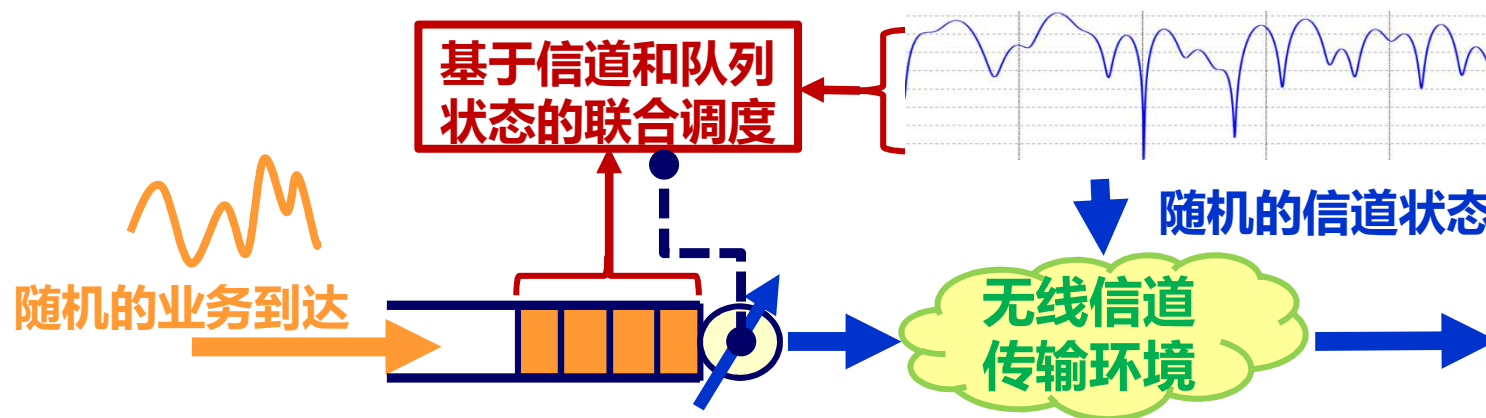


$$\text{信道容量} \\ C = W \log \left(1 + h \frac{P}{N} \right)$$

$$\text{传输延时} \\ t = \frac{L}{C(h)}$$

❖ 排队、ARQ与延时

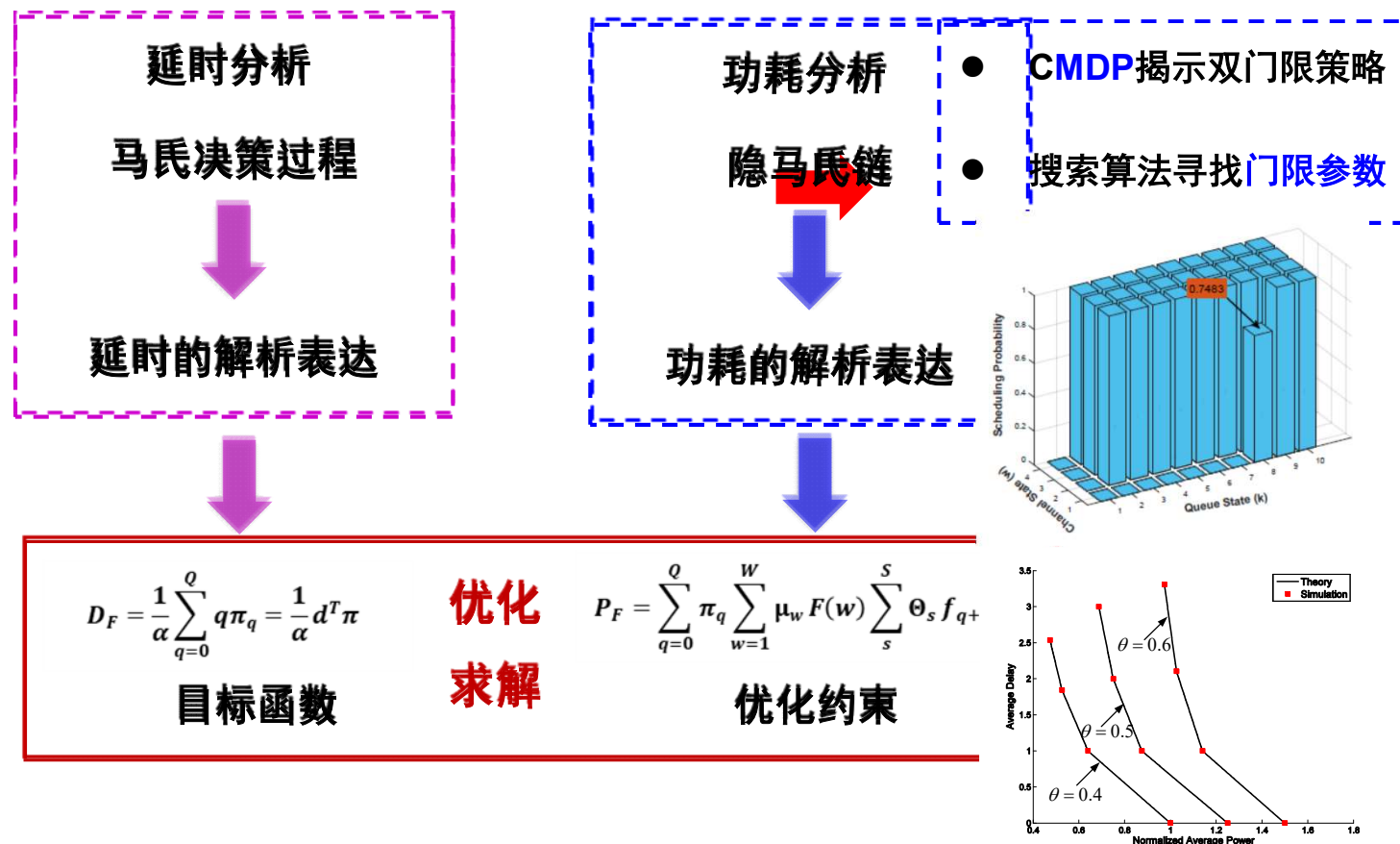
端到端延时：排队延时+传输时间



J. Liu, W. Chen and K. B. Letaief, "Delay optimal Scheduling for ARQ-aided power-constrained packet transmission over multi-state fading channels", *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 16, no. 11, pp. 7123-7137, Nov. 2017.

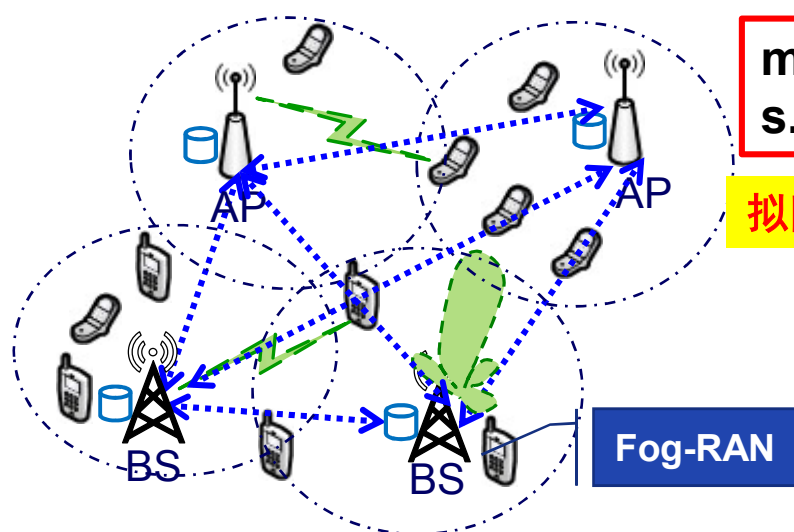
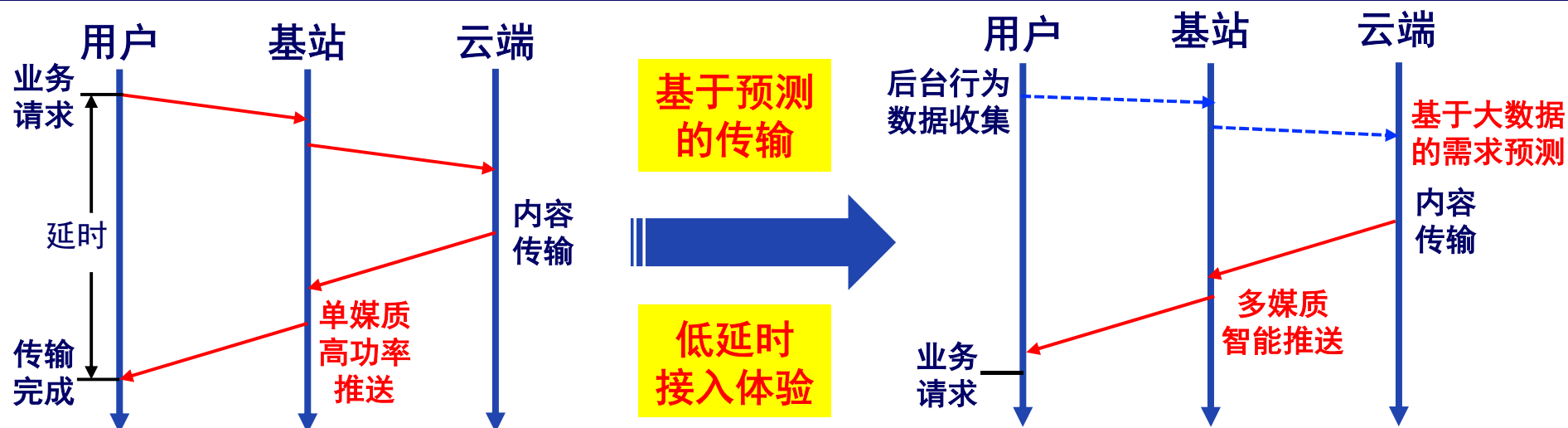
面向业务和信道特性的随机调度

提出了跨层设计的参数概率化思路，证明了双门限策略的最优性，提出了搜寻最优门限参数的方法



M. Wang, J. Liu, W. Chen, A. Ephremides, "Joint queue-aware and channel-aware delay optimal scheduling of arbitrarily bursty traffic over multi-state time-varying channels," *IEEE Trans. Commun.*, 2018 (to appear).

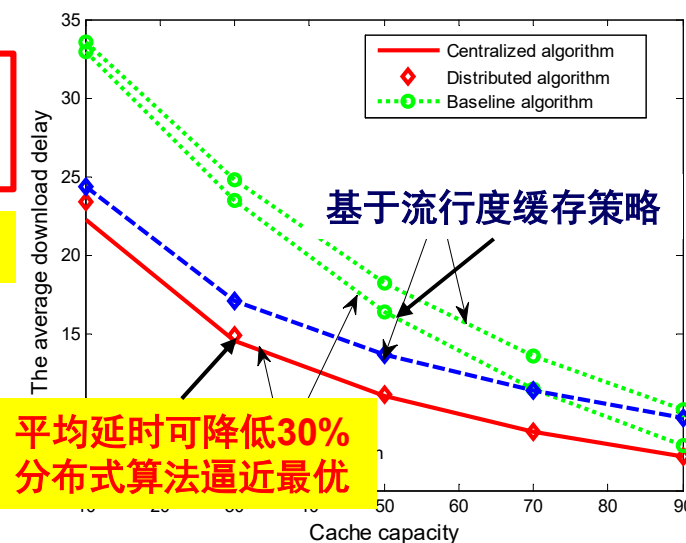
基于大数据的边缘缓存机制



min 一跳下载延时
s.t. 缓存内容 < 容量

拟阵约束的次模优化问题

集中式算法
分布式算法

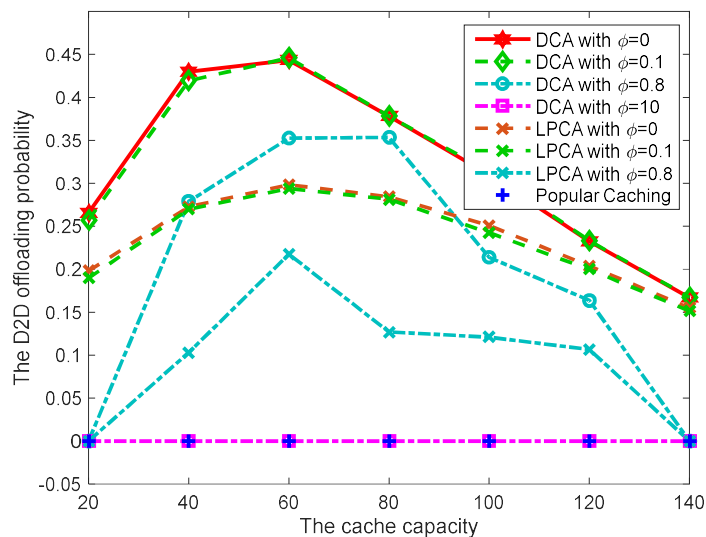


J. Liu, B. Bai, J. Zhang and K. B. Letaief, "Cache placement in Fog-RANs: From centralized to distributed algorithms", *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 16, no. 11, pp. 7039-7051, Nov. 2017.

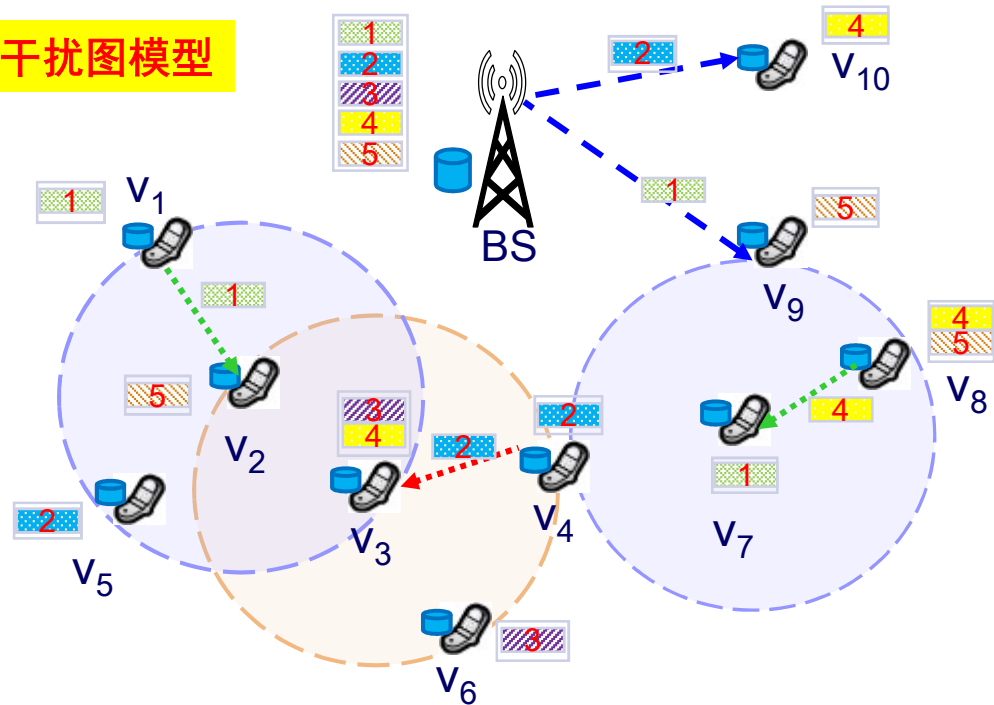
边缘缓存与频谱复用

移动终端缓存

- 缓存增益
- D2D通信
- 频谱复用



干扰图模型

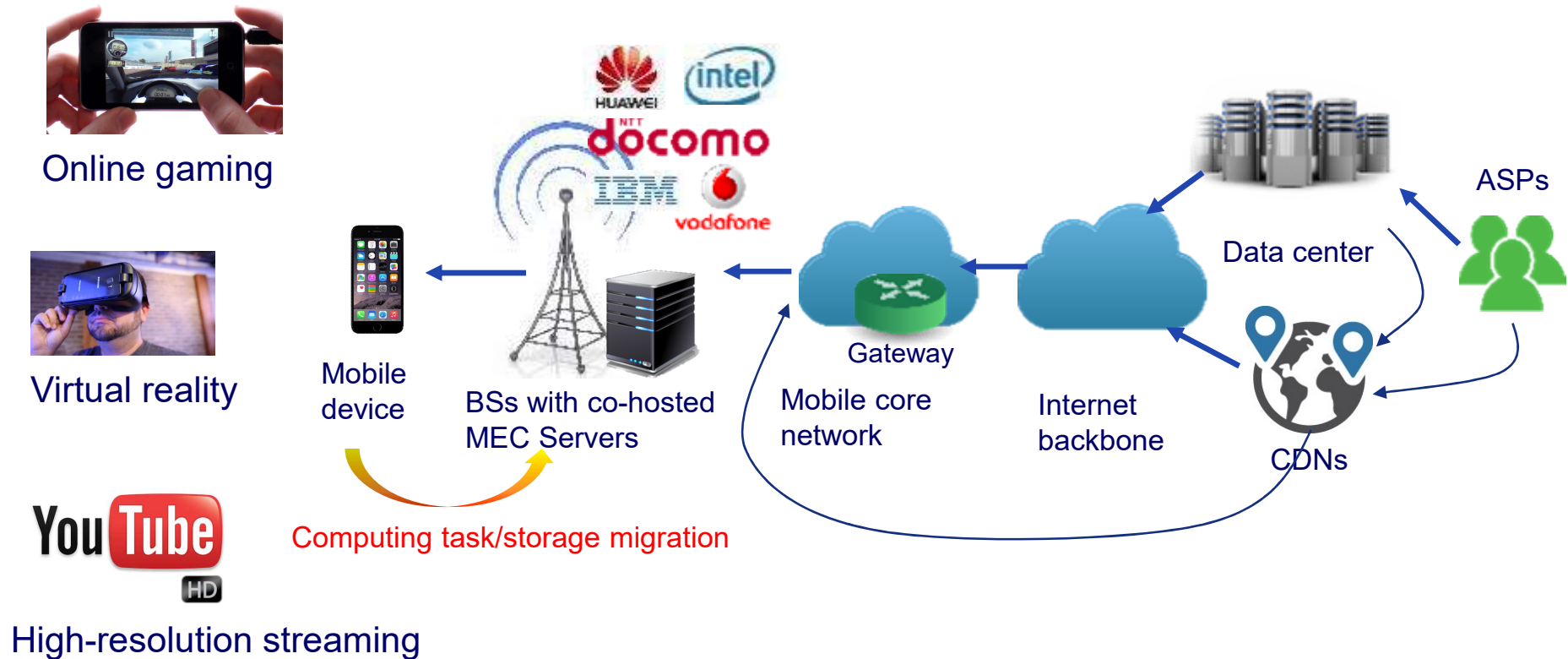


min 系统代价=下载延时+频谱资源
s.t. 缓存内容 < 容量
频谱分配服从干扰图模型

组合优化问题

迭代贪心算法

移动边缘计算 (MEC)



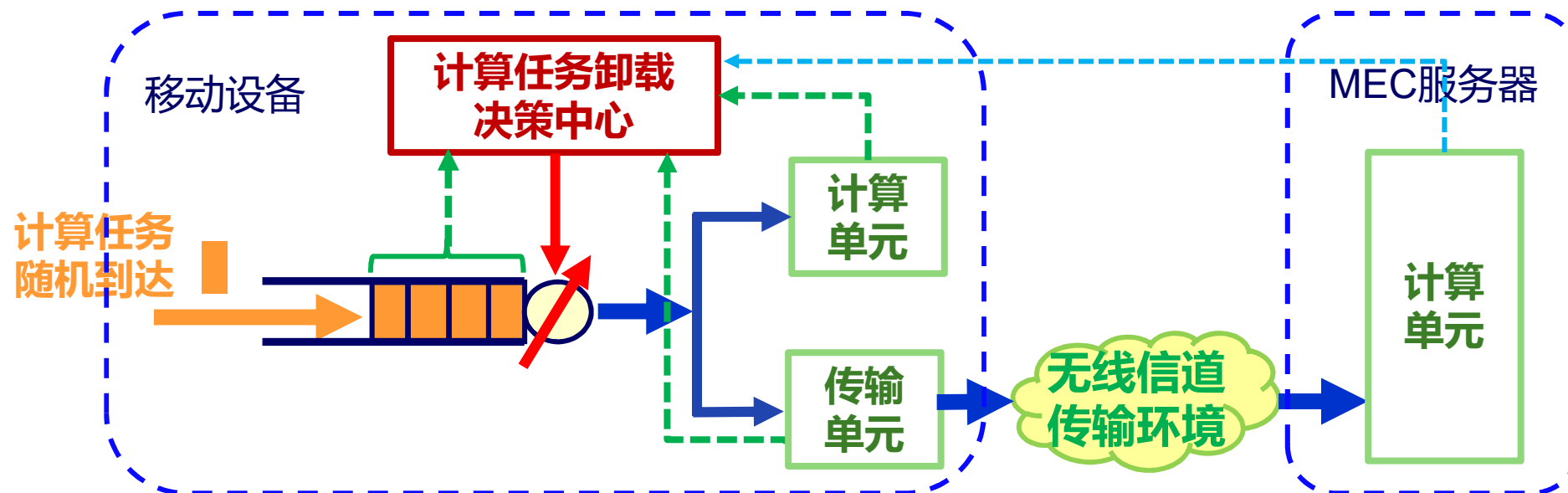
低成本

超低延时

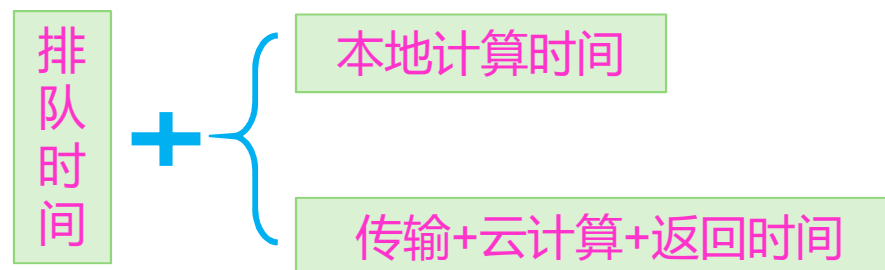
减低能耗

增强安全

移动边缘计算任务卸载



- ❖ 计算任务的随机到达
- ❖ 计算与通信的不同时间尺度
- ❖ 任务卸载与并行计算



$$\bar{T} = \frac{1}{\alpha} \sum_{q=0}^Q q \pi_q + (\eta N + (1 - \eta) t_c)$$

J. Liu, Y. Mao, J. Zhang, and K. B. Letaief, "Delay-optimal computation task scheduling for mobile-edge computing systems," in Proc. **IEEE ISIT**, Barcelona, Spain, Jul. 2016.

移动边缘计算任务卸载

❖ 提出了以最小化延时为目标的计算任务卸载决策机制

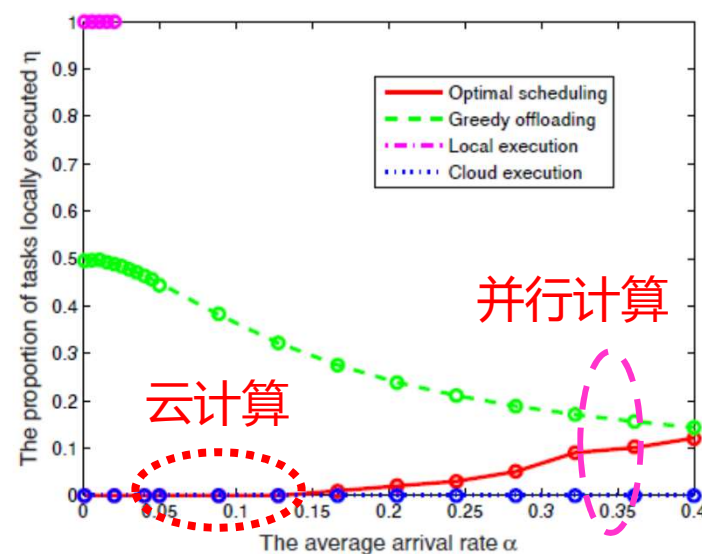
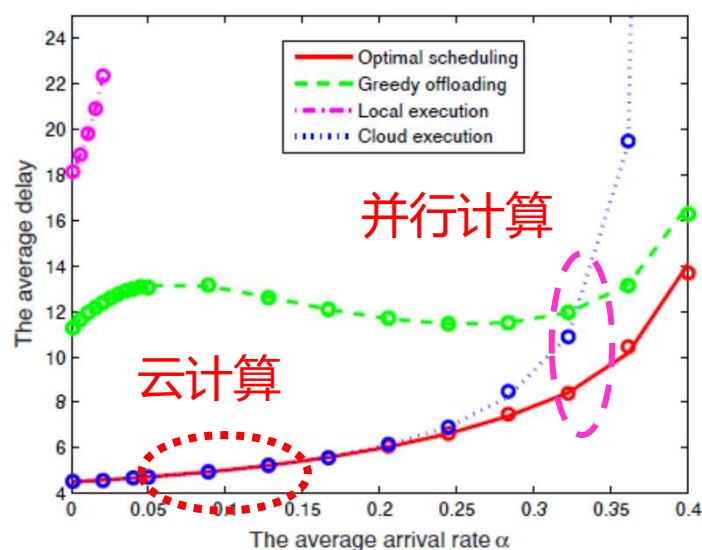
min 延时=排队+计算时间
s.t. 传输+计算功率≤最大值

非线性优化问题

一维搜索+LP优化

$$\bar{T} = \frac{1}{\alpha} \sum_{q=0}^Q q\pi_q + (\eta N + (1 - \eta)t_c)$$

$$\sum_{s=0}^S \pi_s (\mu_s P_{loc} + \mu_s^{tx} P_{tx}) \leq P_{max}$$



1. 本地计算; 2. 云计算; 3. 贪心卸载; 4. 最优卸载

移动边缘计算中的隐私和安全

传统的计算任务卸载

1. 卸载模式与信道状态高度相关，可能泄露位置信息
2. 卸载模式可能泄露用户APP

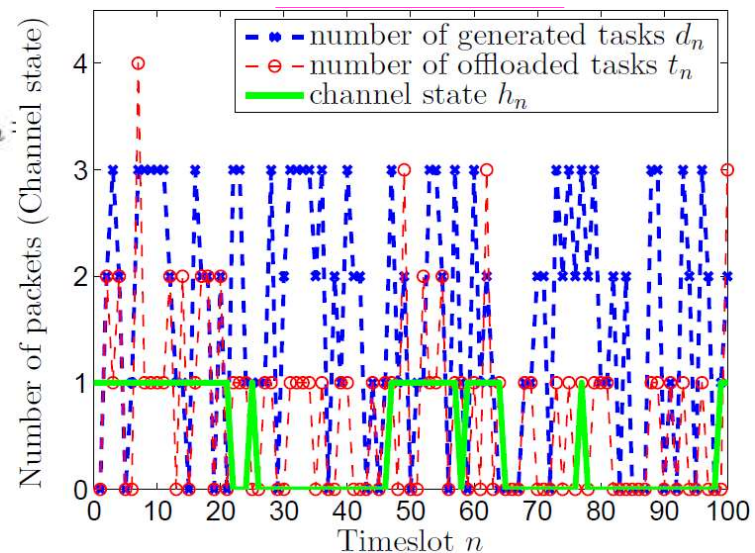
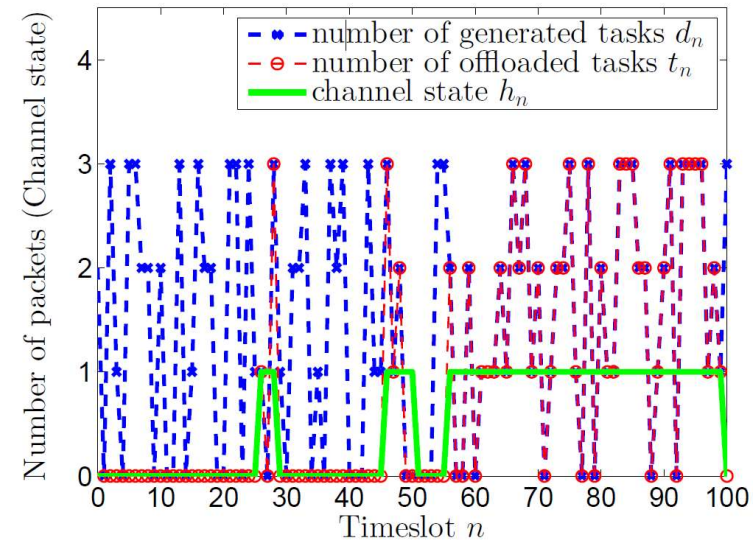
❖ 引入隐私保护参数

$$p_n = P(s_n, a_n) \triangleq |d_n - t_n| \cdot \mathbb{1}_{\{h_n=1\}} + w_u \cdot \mathbb{1}_{\{t_n>0\}} \cdot \mathbb{1}_{\{h_n=1\}}$$

❖ CMDP模型

min 平均延时-能耗性能
s.t. 隐私保护 $\geq$ 门限

two-timescale learning



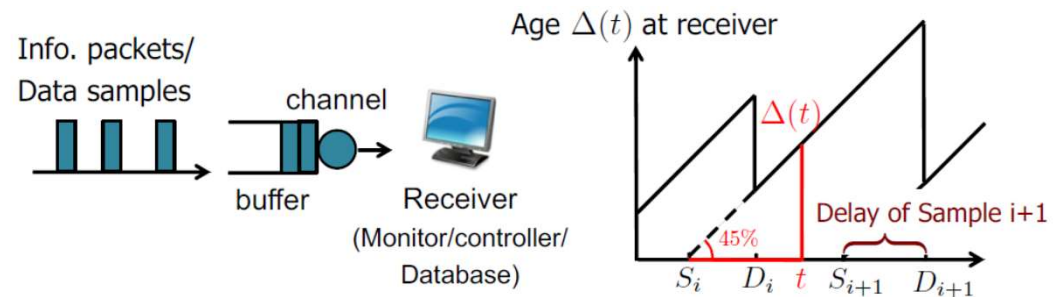
X. He, J. Liu, R. Jin, and H. Dai, "Privacy-aware offloading in mobile-edge computing," in Proc. **IEEE GLOBECOM**, Singapore, Dec. 2017.

信息年龄与数据收集

❖ 信息年龄 (AoI)

❖ $\Delta(t) = t - \max\{S_i: D_i \leq t\}$

❖ 线性增加，有采样到达则下降



❖ 无人机数据采集

- 最大信息年龄最小
- 平均信息年龄最小

Yin Sun, "Age-of-Information: Optimizing the Freshness of Real-Time Data", Workshop at ACM MobiHoc TPC Meeting, Mar. 2017.

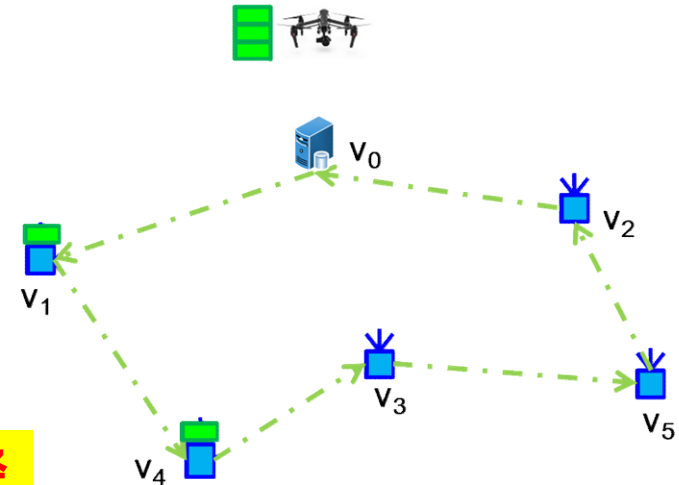
$$\mathcal{P}_1 : \min_{\mathbf{u}} \max_{i \in \{1, \dots, M\}} \{X_i(\mathbf{u})\}$$

$$\mathcal{P}_2 : \min_{\mathbf{u}} \bar{X}(\mathbf{u}) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M X_i(\mathbf{u})$$

无人机路径规划



带权重的Hamiltonian路径



J. Liu, X. Wang, B. Bai, and H. Dai, "Age-optimal trajectory planning for UAV-assisted data collection" in Proc. IEEE INFOCOM Workshop on Age of Information, Honolulu, HI, 15-19 April 2018.

结论与展望

❖ 面向业务和信道特性的随机调度机制

- 跨层协同通信与调度问题

❖ 无线接入网的边缘存储、计算与通信

- 网络图与联合优化问题

❖ 基于大数据学习的无线接入网

- 无线接入+AI问题

❖ 数据信息年龄提供了新的衡量尺度

- 改变了无线通信机制设计的思路



谢谢！

敬请各位老师批评指正！