问题分析/研究意义

<需求分析>

</需求分析>

国内外研究现状

<从云计算到边缘计算>

近年来，随着云计算的飞速发展，促使企业进入了数字化智能时代，这不仅为企业带来了新的发展机遇，并且对企业的信息化建设发起了新的挑战。万物互联时代的到来，导致网络设备的激增和数据量的井喷式增长，如果继续使用传统的云计算模式，将网络边缘设备的海量数据在云端服务器进行统一存储和执行，其性能缺陷也不断暴露在大众视野，比如在面对大数据量的传输时，网络的带宽不足；在处理时效性较高的任务时，数据在网络的传输和云端的计算存在一定的延迟，实时性不足；存在云端的数据的安全性和隐私性问题。而边缘计算的出现，被视为是对云计算的一种延深和优化，两者之间相辅相成。

</从云计算到边缘计算>

<边缘计算的定义>

边缘计算是在临近物或数据源的网络边缘端，结合网络计算、开放存储核心功能的应用平台，就近为边缘端用户提供相关智能服务。与云计算相比较，边缘计算满足了各领域在实时处理、数据优化、协同联接、智能应用、安全与隐私保护等数字化方面的需求保障。同时，边缘计算分散了云端服务器处理数据的巨大压力，将云的框架移植到边缘上，使边缘节点拥有较强的计算能力，其运算既可以在大型运算设备内完成，也可以在中小型运算设备或本地端网络内完成。分布式的计算特点让边缘计算逐渐成为IT/CT界的热词，对许多行业的企业具有深远的意义和影响。

</边缘计算的定义>

<边缘计算的好处>

边缘计算所掀起的热潮与物联网数据处理息息相关，凭借其基本特征和突出优势，为物联网领域实现巨大飞跃：

1. 节省核心网络带宽：通过对高带宽业务的本地分流，降低对核心网络及骨干传输网络的占用，有效提升通信网络的利用率；
2. 近端数据处理及低延时：通过内容与计算能力的下沉，让通信网络能有效支撑时延敏感型业务（如：车联网、远程控制等）以及需要大计算和高处理能力需求的业务（如：视频监控与分析等）；
3. 具有高安全性：使得安全部件更接近于数据源，可启动更高效的安全应用，并增加分层数量来抵御针对核心层的侵犯和风险；
4. 支持大规模设备连接：在数据采集端通过边缘计算进行一定等数据预处理，可以减少对云计算及网络地址资源等的占用，满足5G时代万物互联的需要；
5. 支持异构系统互联：简化跨平台移植，边缘计算还能够让新旧设备、新旧系统、新旧服务之间基于模型化的接口进行交互，实现简化集成。可以实现软件接口与开发语言、平台、工具、协议等解耦，从而简化跨平台的移植。

</边缘计算的好处>

<边缘计算的三大发展阶段>

自2013年以来，边缘计算从概念的提出，一直发展到现在，大致分为三个阶段：技术储备期、快速增长期和稳定发展期。

1. 技术储备期

边缘计算最早可以追溯至1998年阿卡迈公司提出的内容分发网络（Content Delivery Network，CDN）。CDN通过中心平台的负载均衡、内容分发、调度等功能模块，将用户的访问指向距离最近的缓存服务器上，以此降低网络拥塞，提高用户访问响应速和命中率。其强调的是数据的备份和缓存，而边缘计算的基本思想则是功能缓存。2005年美国韦恩州立大学施巍松教授的团队提出功能缓存的概念，并将其用在个性化的邮箱管理服务中，以节省延迟和带宽；2009年Satyanarayanan等人提出了Cloudlet4的概念，Cloudlet部署在网络边缘，与互联网连接，为移动设备提供服务。

1. 快速增长期

自2015年至2017年为边缘计算快速增长期。在这段时间内，由于边缘计算满足万物互联的需求，引起国内外学术界和产业界的密切关注。

在政府层面上，2016年5月，美国自然科学基金委（National Science Foundation，NSF）在计算机系统研究中将边缘计算替换云计算，列为突出领域；2016年8月，NSF和英特尔专门讨论针对无线边缘网络上的信息中心网络；2016年10月，NSF举办边缘计算重大挑战研讨会，会议针对3个议题展开研究：边缘计算未来5至10年的发展目标，达成目标所带来的挑战，学术界、工业界和政府应该如何协同合作来应对挑战。这标志着边缘计算的发展已经在美国政府层面上引起了重视。

在学术界，2016年5月，美国韦恩州立大学施巍松教授团队给出了边缘计算的一个正式定义并发表了文章“Edge Computing：Vision and Challenges”，第一次指出了边缘计算所面临的挑战；同年10月，ACM和IEEE联合举办的边缘计算顶级会议（ACM/IEEE Symposium on Edge Computing，SEC），是全球首个以边缘计算为主题的科研学术会议。自此之后，ICDCS，INFOCOM，Middle Ware，WWW等重要国际会议也开始增加边缘计算的分会或者专题研讨会。

在工业界，2015年9月，欧洲电信标准化协会（ETSI）发表关于移动边缘计算的白皮书，并在2017年3月将移动边缘计算行业规范工作组正式更名为多接入边缘计算（Multi-Access Edge Computing，MEC），致力于更好地满足边缘计算的应用需求和相关标准制定；2015年11月，思科、ARM、戴尔、英特尔、微软和普林斯顿大学联合成立了OpenFog联盟，致力于Fog Reference Architecture的编写。

国内边缘计算的发展速度几乎与世界同步，2016年11月，华为技术有限公司、中国科学院沈阳自动化研究所、中国信息通信研究院、英特尔、ARM等在北京成立了边缘计算产业联盟（Edge Computing Consortium，ECC），致力于推动“政产学研用”各方产业资源合作，引领边缘计算产业的健康可持续发展；2017年5月首届中国边缘计算技术研讨会在合肥开幕，同年8月中国自动化学会边缘计算专委会成立，标志着边缘计算的发展已经得到了专业学会的认可和推动。

1. 稳健发展期

2018年是边缘计算发展过程中的重要节点，边缘计算于此期间被推向前台，开始被大众熟知。2018年1月全球首部边缘计算专业书籍《边缘计算》出版，从需求与意义、系统、应用、平台等多个角度对边缘计算进行了阐述；2018年9月17日在上海召开的世界人工智能大会，以“边缘计算，智能未来”为主题举办了边缘智能主题论坛，从政府层面上对边缘计算的发展进行了支持和探讨；2018年8月两年一度的全国计算机体系结构学术年会以“由云到端的智能架构”为主题，学术界的研究焦点由云计算逐渐转向边缘计算。

国外三大公有云的巨头：亚马逊、谷歌和微软，先后有自己的布局。2017年，亚马逊就推出AWS Greengrass，将亚马逊 AWS 服务部署到终端设备的产品；2020年3月，谷歌推出全球移动边缘云计算（Global Mobile Edge Cloud ，GMEC）电信专用平台，致力于提供通过5G网络交付的，在边缘云运行的独特应用服务；2020年3月，微软宣布收购5G边缘计算公司Affirmed Networks，主要为电信运营商提供完全虚拟化的云原生网络解决方案。

国内的主流云服务商加快布局边缘计算。阿里巴巴发布边缘节点服务(Edge Node Service, ENS)，并发布了首个IoT边缘计算产品Link Edge；华为发布了基于边缘计算的物联网EC-IoT解决方案以及智能边缘平台 IEF智能边缘平台，满足客户对边缘计算资源的远程管控、数据处理、分析决策、智能化的诉求， 为用户提供完整的边缘和云协同的一体化服务；腾讯云则采取了“CDN+云”的路线让CDN具备智能计算的能力，推出智能边缘计算网络平台TSEC；网宿科技推广社群云，CDN节点升级为边缘计算节点。

</边缘计算的三大发展阶段>

应该怎么做（解决方案）

预计的结果（结果预测）

改进建议（说）