

移动云计算中的网络切换管理

李 波,薛 端,黄 鑫

(云南大学 信息学院,云南 昆明 650000)

摘 要: 本文考虑到不同的可用无线网络、应用需求、用户偏好等因素,根据人工蚁群算法(ABC)和粒子群优化算法(PSO)提出了智能的垂直切换混合算法(ABC- PSO). 与相关工作进行对比,仿真实验表明 ABC-PSO 算法具有较低的成本和通信延迟以及更高的可用带宽和更少的切换次数.

关键词: 移动云计算;移动终端;最佳网络;ABC-PSO 算法

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1000—7180(2018)02—0037—06

Network Switching Management in Mobile Cloud Computing

LI Bo, XUE Duan HUANG Xin

(Institute of Information, Yunnan University, Kunming 650000, China)

Abstract: In this paper, an intelligent vertical switching hybrid algorithm (ABC-PSO) is proposed based on artificial ant colony algorithm (ABC) and particle swarm optimization (PSO) considering different available wireless networks, application requirements and user preferences. Compared with the related work, the simulation results show that the ABC-PSO algorithm has lower cost, communication delay, higher available bandwidth and fewer switching times.

Key words: mobile cloud computing; mobile terminals; the best network; ABC-PSO algorithm

1 引言

由于移动终端 MT 执行计算密集型任务以及存储大量数据受到很大的约束. 云计算作为一种分布式计算模式,克服 MT 这些限制已经取得了很重要的突破^[1]. 最近,利用云资源来增加 MT 性能又出现了一个新的研究领域,称为移动云计算(MCC)^[2]. MCC 是一种将移动互联网和云计算结合起来改善移动设备性能的新技术^[3]. MCC 的主要目标是应用云端的计算、存储等资源优势,突破 MT 的资源限制,为移动用户提供更加丰富的应用以及更好的用户体验^[4]. 其定义一般可以概括为移动终端通过无线网络,以按需、易扩展的方式从云端获得所需的设施、平台、软件等资源或信息服务的使用与交付模式^[5].

图 1 给出了移动云计算的三种典型模式,(a)和(b)两种模式采用了蜂窝网和无线局域网两种有基础设施网络接入到远程云和本地微云,而(c)模式采用的是无基础设施的 Ad Hoc 网络接入模式. 目前已经提出了各种 MCC 平台,如 MAUI、Cloud-Clone、Cloudlet 和 Clone2Clone 等. 在 MCC 平台中,每个 MT 在位于云基础设施中的虚拟机 (VM)

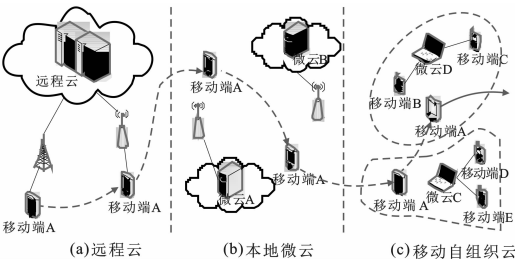


图 1 移动云计算的三种典型模式

收稿日期: 2017—05—20; 修回日期: 2017—06—08

基金项目: 国家自然科学基金项目(61562092);云南大学服务云南行动计划项目(KS161012);云南大学信息学院研究生科研创新项目“基于云计算的多机器人协作技术研究”。

上运行并进行克隆,云克隆定期将其状态与物理 MT 同步,不仅在其本地 VM 环境中提供计算和存储能力,还可以利用远程云端的计算和存储资源.

2 移动云计算的网络切换管理

2.1 相关研究

在 MCC 环境中,不仅要为 MT 提供持续的网络连接服务,还要根据不同网络接入技术的性能、终端能力、用户偏好等为 MT 选择合适的云服务提供者.由于 MT 的全方位移动性,在不同网络中实现服务的无缝切换就变得比较困难,移动终端的这种

限制促使我们创建智能算法尽可能地提供接近实时的解决方案,降低计算时间,即主要解决 MT 在不同基站之间漫游时的通信连续性问题,在不同无线接入点 (AP) 之间实现可靠和快速的服务切换. MCC 中的无线 AP 可以分配给云克隆,用于云克隆和本地 MT 之间的数据传输^[6]. MT 在各种网络环境中的运动会加剧通信缺陷,并导致长时间的切换延迟^[7]. 如果设计的服务切换方案不好可能会导致 MT 之间不成比例的延迟、丢包率过高,导致云资源不可用性和服务中断,严重影响 MCC 的性能.近年来广泛讨论了无线服务切换的设计,如表 1 所示.

表 1 无线服务切换的设计算法

具体算法	研究意义
基于 Levenberg-Marquardt 反向传播算法	神经网络方面提供的最成功的训练算法,但对内存需求较高,不能保证找到目标函数的全局最小值,在算法收敛到局部最小值的情况下,所获得的解不是最优解
基于模糊的算法	降低了切换的次数,可以在不同网络中进行切换,但会出现切换延迟以及分组丢失
模糊逻辑技术	做出准确的切换决策,减少冗余切换和平衡网络资源;但是决策过程过于单一,具有固定的第一移动优先服务 (FMFS) 和决策规则,不考虑流量类型
遗传算法	切换量最小化
自我选择决策的切换	根据用户喜好决策,避免服务变化

如文献[8]所述,主动切换方法设计出可以准确、可扩展的预测 MT 运动是相当困难的.在切换过程中会出现以下两种不适当的决策:(1)对候选 AP 不适当选择;(2)在错误的时间传输通信链路,增加了移动云服务质量的切换延迟和抖动,特别是对延迟比较敏感的内容和服务.因此,我们需要对 MCC 中出现的通信切换机制进行改进解决上述问题,选择有效的智能的垂直切换决策 (VHD) 算法可以有效的用于移动终端在不同网络中的无缝切换,具有高精度、稳定性和更快的收敛性,鲁棒性的适应这种动态变化的条件.

2.2 切换管理框架

切换管理是 MCC 环境中移动性管理的核心.图 2 给出了移动通信中的垂直切换管理框架.

框架主要包括信息收集阶段、切换决策阶段、切换执行阶段三个阶段:

(1)信息收集阶段:对任务状态信息、移动终端状态、正在执行卸载任务的资源状态和其他可用代理资源状态信息进行收集,为通信切换决策、计算切换决策奠定基础;

(2)切换决策阶段:根据收集的状态信息,判断是否需要进行切换、何时切换、切换目的地、如何切换等相关决策问题;

(3)切换执行阶段:根据切换决策阶段的结果,

将任务从当前资源切换到新的目标资源上运行.在任务切换过程中,可以先将资源代理上正在运行的子任务进行检查点 (checkpoint) 的检查,然后将检查点的结果传送到目标代理,后者随后进行计算的初始化和恢复检查点.

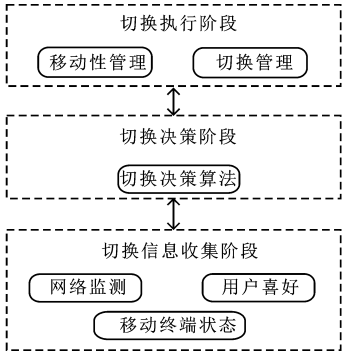


图 2 垂直切换管理框架

在 MCC 中的异构无线网络环境下,网络选择和切换是一个多属性决策的问题,所以要根据切换信息收集阶段收集到的可用网络信息、用户偏好等切换信息来判断是否触发切换.在移动云计算环境中的异构无线网络之间的垂直切换中常用的切换准则可以通过比较目标资源和当前资源的性能来判决是否需要进行切换,考虑各个资源在网络带宽、网络时延、能耗、计算能力等多种属性,采用的判决标准

如下:若当前资源不再可用,则切换(即强制切换);若当前资源可用,但有新的备选资源满足条件 1 和 2,则切换。

条件 1:备选资源的所有属性参数必须大于等于当前资源相应属性参数乘以最小等价因子 EF (minimum Equality Factor);

条件 2:备选资源的所有属性参数中至少有一项参数要大于等于当前资源相应属性参数乘以最小改善因子 IF(minimum Improvement Factor)。

基于目前的研究现状,我们根据人工蚁群算法(ABC)^[9]和粒子群优化算法(PSO)^[10]提出了智能的垂直切换混合算法(ABC- PSO),可以在不同的网络中选择最佳的网络。

3 算法设计

3.1 网络切换步骤

根据上文提出的垂直切换管理框架和 ABC- PSO 算法,提出了在不同网络切换中选择最佳网络的步骤如图 3 所示。

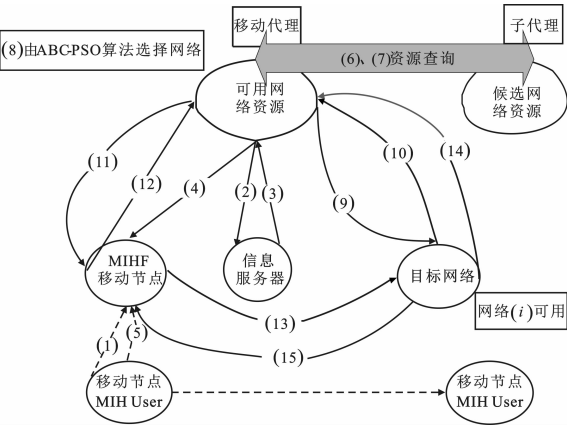


图 3 不同网络切换中选择最佳网络的步骤

(1)移动节点向(信息服务器)IS 发送消息以确定其覆盖区域中哪些网络可用;(2)移动代理向信息服务器发送 MIH_Get_Information 请求来获得邻居网络信息;(3)信息服务器通过发送 MIH_Get_Information 进行响应;(4)移动代理通过向移动节点发送 MIH_Net_HO_Candidate_Query 请求来触发网络切换;(5)移动代理通过发送 MIH_Net_HO_Candidate_Query 进行响应回复,其中包含移动节点对切换及其首选链路和服务点列表的确认;(6)移动代理向一个或多个子代理发送 MIH_N2N_HO_Query_Resources 请求以检查候选网络资源的可用性;(7)子代理通过向移动代理发送 MIH_N2N_HO_Query_Resources 响应来响应;(8)移动代理通过 ABC-PSO 算法并基于候选网络的可用资源状态来决定切换的目标;(9)移动代理给目标代理发送 MIH_N2N_HO_Commit 请求以在目标网络上准备资源;(10)目标代理通过发送 MIH_N2N_HO_Commit 来响应资源准备的结果。(11)在确定资源准备成功后,移动代理命令移动节点发送 MIH_Net_HO_Commit 请求向指定的网络类型和子代理提交切换;(12)新的第 2 层连接建立之后,移动节点向移动代理发送 MIH_Net_HO_Commit 响应;(13)在更高层切换执行之后,移动节点向目标代理发送 MIH_MN_HO_Complete 请求;(14)目标代理向先前的移动代理发送 MIH_N2N_HO_Complete 请求以释放分配给移动节点的资源;(15)确认资源成功释放后,目标代理向移动节点发送 MIH_N2N_HO_Complete 响应。

在上述步骤中,一些具体的代名词如表 2 所示,其中,MIIS、MIES、MICS 为 MIHF 提供的三种基本服务。

表 2 代名词的具体表示意义

名称	功能
媒体独立切换(MIH) Media Independent Handover	一种服务协议:为异构网络技术之间提供标准的功能接口
媒体独立切换功能(MIHF) Media Independent Handover Function	主要实体涉及一组启用了网络组件协议栈内切换的功能
媒体独立信息服务(MIIS) Media Independent Information Services	提供除了其服务之外的各种网络的信息,其使得能够通过异构网络进行更高效的切换决策
媒体独立事件服务(MIES) Media Independent Event Services	标识链接层属性的更改,并从远程和本地接口中发出合适的事件(触发器);
媒体独立指挥服务(MICS) Media Independent Command Services	为 MIH 的用户提供了一组命令,用于控制适用于切换的链路属性,必要时在链路之间切换。

3.2 算法模型

我们假设 MCC 中的所有网络集合为 $A = \{a_1, \dots, a_N\}$, 其中 N 候选网络的个数. 服务质量因子集合为 $Q = \{q_1, \dots, q_M\}$, M 为服务质量因子个数. 在文中每个网络的成本函数为公式(1):

$$C_N = W_{\text{interface}} \times \sum_{j=1}^M q_j \times W_j \quad (1)$$

网络的成本函数为公式(2):

$$\text{cost}_i = \frac{1}{C_N + 1} \quad (2)$$

MT 在从一旧 AP 切换到新 AP 的切换延迟为公式(3):

$$T_D = T_{\text{retrans}} \times k + T_{\text{seek}} + T_{\text{trigger}} + T_{L2} + T_{\text{BU}} \quad (3)$$

式中, T_{retrans} 为将数据包从源 AP 发送到目标 AP 的延迟, k 表示表示一次切换期间重传数据分组的数量, T_{seek} 为寻求正确目标 AP 的延迟; T_{trigger} 为第 2 层触发事件和链路下降时间之间的延迟, T_{L2} 为第 2 层切换延迟, T_{BU} 是注册延迟.

通过上述的定义, 我们通过分析层次过程法 (Analytic Hierarchy Process, APH) 计算每个服务质量因子的多属性权重值, 通过权重较高的网络属性来选择最优网络进行切换. 任何两个特定函数的相对得分用公式(4) 表示, 其中 $G_{q_i q_j}$ 为参数 q_i 和 q_j 的相对得分, S_{q_i} 和 S_{q_j} 分别为 q_i 和 q_j 的得分.

$$\begin{cases} G_{q_i q_j} = \left(1 - \frac{S_{q_i}}{S_{q_j}}\right) \times 10; & j > i \\ G_{q_i q_j} = \frac{1}{G_{q_j q_i}}; & j < i \\ G_{q_i q_j} = 1; & j = i \end{cases} \quad (4)$$

$R = \{R_{ij}\}$ 是一个 $M \times M$ 矩阵, R_{ij} 表示各因素的优先级评分, 计算方法为公式(5) 所示.

$$R = \begin{bmatrix} 1 & G_{q_1 q_2} & G_{q_1 q_3} & G_{q_1 q_4} & G_{q_1 q_5} \\ \frac{1}{G_{q_1 q_2}} & 1 & G_{q_2 q_3} & G_{q_2 q_4} & G_{q_2 q_5} \\ \frac{1}{G_{q_1 q_3}} & \frac{1}{G_{q_2 q_3}} & 1 & G_{q_3 q_4} & G_{q_3 q_5} \\ \frac{1}{G_{q_1 q_4}} & \frac{1}{G_{q_2 q_4}} & \frac{1}{G_{q_3 q_4}} & 1 & G_{q_4 q_5} \\ \frac{1}{G_{q_1 q_5}} & \frac{1}{G_{q_2 q_5}} & \frac{1}{G_{q_3 q_5}} & \frac{1}{G_{q_4 q_5}} & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

通过公式(6) 将这些属性进行归一化, 得到归一化后的决策标准矩阵 W 为公式(7) 所示.

$$R_{ij} = \frac{R_{ij}}{\sum_{i=1}^M R_{ij}} \quad (6)$$

$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & w_{13} & w_{14} & w_{15} \\ w_{21} & w_{22} & w_{23} & w_{24} & w_{25} \\ w_{31} & w_{32} & w_{33} & w_{34} & w_{35} \\ w_{41} & w_{42} & w_{43} & w_{44} & w_{45} \\ w_{51} & w_{52} & w_{53} & w_{54} & w_{55} \end{bmatrix} \quad (7)$$

然后计算出每行的平均值作为每类事实的优先级, 用公式(8) 表示.

$$\overline{w_i} = \frac{W_{i1} + W_{i2} + W_{i3} + W_{i4} + W_{i5}}{5} \quad (8)$$

将上述向量归一化后, 所有值为 1, 优先权矢量显示它们之间的相对权重.

$$W_N = [\overline{w_1}, \overline{w_2}, \overline{w_3}, \overline{w_4}, \overline{w_5}]^T \quad (9)$$

所有服务质量因子的集合为向量 C_N :

$$C_N = [B \ D \ T \ S \ L] \quad (10)$$

式中, B 为带宽 (Mbps), D 为延迟时间 (ms), T 为完成时间 (min), S 为安全级别, L 为可用负载.

我们假设 MT 要进行切换的目标网络的坐标为: $(0,0)$, MT 的位置从 $M(x_m, y_m)$ 移动到 $N(x_n, y_n)$, 离 MT 的距离分别为 d_m 和 d_n , 在一个周期内, MT 的平均移动速度为:

$$\overline{v} = \frac{|d_m - d_n|}{T} \quad (11)$$

通过上述算法, 可以在不同网络切换中选择最佳网络.

4 实验仿真

本实验的仿真场景采用图 4 的网络结构图. 假设实验场景中有 1 个基站 (BS) 和 10 个网络接入点 AP (Access Point), $AP_1, AP_2, \dots, AP_{10}$ 可以由如 WiFi、WiMAX、LTE 等不同的网络组成, 网络参数值如表 3 所示. BS 在实验场景中央, APs 随机分布在 BS 的周围, 并且随机生成 AP 之间的通信实时性. BS 的覆盖范围为 1 000 m, APs 的覆盖范围是在实验中随机产生, 范围为 (100~150) m. 在图中 MT 以五角星为起点、BS 为圆心的圆形路径上逆时针匀速运动.

表 3 网络参数

网络参数	WiFi	WiMAX	LTE
带宽/Mbps	1.45	1.16	1.43
丢包率/%	1.19	2.74	0.74
延迟时间/ms	25	30	40
成本/MB	0.8	0.16	0.9

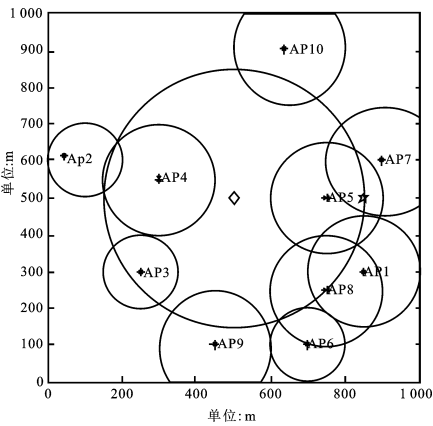


图 4 仿真实验场景

我们基于切换判决准则中的最小等价因子和最小改善因子的值分别为 0.95 和 1.5,在相同的实验环境下,将 ABC-PSO 算法与熵值法 EM(Entropy Method)算法进行比较来验证算法的可靠性.图 5 到图 7 给出了多属性切换情况下的网络性能.

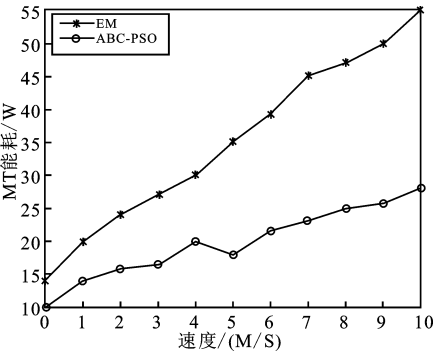


图 5 MT 的移动速度与能耗关系

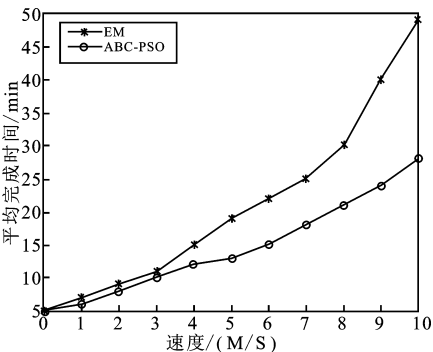


图 6 MT 的移动速度与平均完成时间关系

图 5 给出了 MT 的移动速度与能耗关系的变化曲线.可以发现,随着速度的增加,算法中的 MT 能耗提高,并且在一定速度范围内,EM 算法的网络性能明显下降,这是因为 EM 没有考虑 MT 的速度,可能导致切换过程中断开连接.

图 6 给出了 MT 的移动速度与平均完成时间

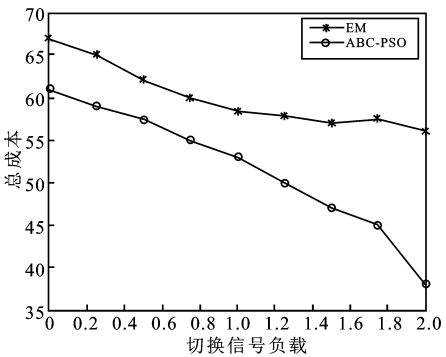


图 7 切换信号可用负载与总成本关系

关系的变化曲线.可以发现当 MT 的速度达到一定时,EM 的平均完成时间呈现加速上升趋势,可能由于速度增加导致切换次数过多,说明 ABC-PSO 算法能够减少不必要的切换,降低切换开销.

图 7 给出了切换信号可用负载与总成本关系的变化曲线.可以发现,随着切换信号负载的增加总成本呈递减的趋势.根据 MT 的移动速度,我们提出的算法比 EM 算法在降低切换过程中的响应概率、负载和切换的成本,在一定程度上降低了平均切换次数,可以避免 MT 全方位移动过程中在不同网络切换中选择最佳网络时进行一些不必要的切换.

从实验结果可以发现,综合考虑到 MT 的全方位移动状态、总成本、用户偏好、网络资源等,基于 ABC-PSO 算法的垂直型切换策略在选择最佳网络进行切换时的表现出了更好的性能,同时具有高精度、稳定性和更快的收敛性,鲁棒性适应网络选择中动态变化的条件,在低延迟、低丢包率、抖动、减少不必要的切换以及切换过程中导致云服务资源中断等各方面取得更好的效果.

5 结束语

本文基于移动终端在移动云计算环境中的异构网络进行无缝切换,通过分析之前提出的垂直性切换决策算法的缺陷,如切换过程中不考虑移动终端的速度、不能动态预测移动终端的情况等,给出了垂直切换管理框架、选择最佳网络的步骤,同时提出了智能垂直切换决策算法(ABC-PSO).通过与 EM 算法进行比较来评估网络的性能,实验结果表明,ABC-PSO 算法在平均切换次数、可用带宽、决策延迟、丢包率等方面具有优势.

在移动云计算环境中,随着移动终端、网络资源设备以及云基础设施等动态变化,保证云服务的持续性是很重要的问题.移动云计算中的移动性管理

分为计算切换(云与云之间的切换)、通信切换(不同网络之间的切换),在未来的研究工作中,对于不同的移动云计算应用,使用不同的切换接入技术实现无缝服务切换,同时也要设计合理的切换协议。

参考文献:

- [1] Sanaei Z, Abolfazli S, Gani A. Heterogeneity in mobile cloud computing: Taxonomy and open challenges [J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2013,16(1):1-24.
- [2] Dinh H T, Lee C, Niyato D, et al. A survey of mobile cloud computing: architecture, applications, and approaches[J]. Wireless Communications and Mobile Computing,2013, 13(18): 1587-1611.
- [3] Hoang D T, Niyato D, Wang P. Optimal admission control policy for mobile cloud computing hotspot with cloudlet[M]. Atlanta:IEEE Press, 2012:3145-3149.
- [4] 崔勇,宋健,缪葱葱,等. 移动云计算研究进展与趋势[J]. 计算机学报, 2017,39 (2) :273-295.
- [5] Dinh H T, Lee C, Niyato D, et al. A survey of mobile cloud computing: architecture, applications, and approaches [J]. Wireless Communications & Mobile Computing,2013,13(18):1587-1611.
- [6] Abolfazli S, Sanaei Z, Gani A. Mobile cloud computing: a review on smartphone augmentation approaches [C] // International Conference on Computing, Infor-

mation Systems and Communications(CISCO'12). Singapore,2012.

- [7] H Li, J Xie. A low-cost channel scheduling design for multi-hop handoff delay reduction in internet-based wireless mesh networks Infocom[J]. IEEE, 2012, 12 (5) :307-315.
- [8] Klein A, Mannweiler C, Schneider J, et al. Access schemes for mobile cloud computing[C]//Eleventh International Conference on Mobile Data Management, Kansas City, Missouri, USA, 2010 :387-392.
- [9] Karaboga D,Basturk B. A powerful and efficient algorithm for numerical function optimization: artificial bee colony (abc) algorithm[J]. Journal of Global Optimization, 2007,39(3):459-471.
- [10] Eberhart R,Kennedy J. A new optimizer using particle swarm theory[C]//International Symposium on Micro Machine & Human Science. Nagoya, Japan, 2002 : 39-43.

作者简介:

李波男,(1977-),博士,副教授.研究方向为移动云计算中资源共享技术.

薛端(通讯作者)男,(1991-),硕士研究生.研究方向为物联网、云计算中的卸载技术. E-mail:384762682@qq.com.

黄鑫男,(1994-),硕士研究生.研究方向为物联网、云计算中的卸载技术.