



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116112436 A

(43) 申请公布日 2023. 05. 12

(21) 申请号 202211650317.0

(22) 申请日 2022.12.21

(71) 申请人 山东省计算中心(国家超级计算济南中心)

地址 250000 山东省济南市历下区科院路
19号山东省计算中心

(72) 发明人 谭立状 王成 史慧玲 张玮

(74) 专利代理机构 北京轻创知识产权代理有限公司 11212

专利代理师 牟森

(51) Int. Cl.

H04L 45/85 (2022.01)

H04L 67/148 (2022.01)

H04L 69/164 (2022.01)

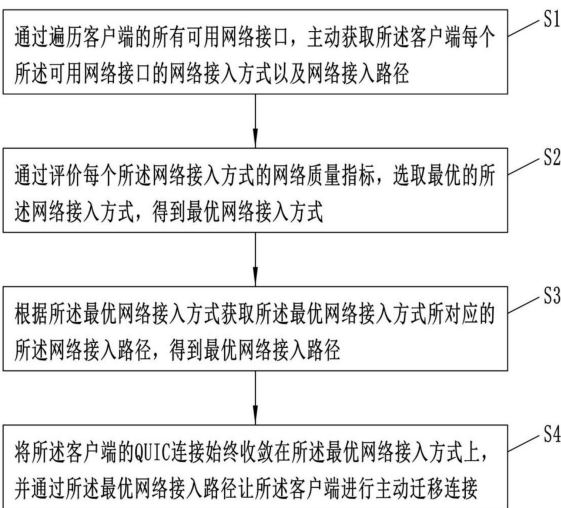
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于QUIC传输协议的主动连接迁移方法及系统

(57) 摘要

本发明涉及一种基于QUIC传输协议的主动连接迁移方法及系统,其方法包括如下步骤:通过遍历客户端的所有可用网络接口,主动获取所述客户端每个所述可用网络接口的网络接入方式以及网络接入路径;通过评价每个所述网络接入方式的网络质量指标,选取最优的所述网络接入方式,得到最优网络接入方式;根据所述最优网络接入方式获取所述最优网络接入方式所对应的所述网络接入路径,得到最优网络接入路径;将所述客户端的QUIC连接始终收敛在所述最优网络接入方式上,并通过所述最优网络接入路径让所述客户端进行主动迁移连接;本发明能够提高网络服务响应速度,提高QUIC在异构多接入网络环境下移动性管理性能和传输效率。



1. 一种基于QUIC传输协议的主动连接迁移方法,其特征在于,包括如下步骤:

通过遍历客户端的所有可用网络接口,主动获取所述客户端每个所述可用网络接口的网络接入方式以及网络接入路径;

通过评价每个所述网络接入方式的网络质量指标,选取最优的所述网络接入方式,得到最优网络接入方式;

根据所述最优网络接入方式获取所述最优网络接入方式所对应的所述网络接入路径,得到最优网络接入路径;

将所述客户端的QUIC连接始终收敛在所述最优网络接入方式上,并通过所述最优网络接入路径让所述客户端进行主动迁移连接。

2. 根据权利要求1所述的基于QUIC传输协议的主动连接迁移方法,其特征在于,通过遍历客户端的所有可用网络接口,主动获取所述客户端每个所述可用网络接口的网络接入方式以及网络接入路径,具体包括如下步骤:

通过遍历所述客户端所在计算机的全部IP地址获取所述计算机的全部可用IP地址,并去除全部可用IP地址的回环地址;其中,一个可用IP地址代表一个可用的所述网络接入方式;

随机使用一个所述可用IP地址初始化一个所述客户端的QUIC连接;

在初始化的所有所述QUIC连接中,所述客户端通过网络策略获取每次请求使用的网络路径;其中,每次请求使用的所述网络路径为所述网络接入路径。

3. 根据权利要求2所述的基于QUIC传输协议的主动连接迁移方法,其特征在于,随机使用一个所述可用IP地址初始化一个所述客户端的QUIC连接,具体包括如下步骤:

随机使用一个所述可用IP地址使所述客户端与QUIC服务器建立通信连接;其中,当一个所述可用IP地址被所述客户端首次使用时,所述QUIC服务器对当前所述可用IP地址进行路径验证;当一个所述可用IP地址被所述客户端二次或二次以上使用时,所述QUIC服务器跳过对当前所述可用IP地址的路径验证。

4. 根据权利要求2所述的基于QUIC传输协议的主动连接迁移方法,其特征在于,在初始化的所有所述QUIC连接中,所述客户端通过网络策略获取每次请求使用的网络路径,包括如下步骤:

在初始化的所有所述QUIC连接中,所述客户端通过贪心算法或 ϵ -Greedy算法或UCB1算法获取每次请求使用的所述网络路径。

5. 根据权利要求1至4任一项所述的基于QUIC传输协议的主动连接迁移方法,其特征在于,评价每个所述网络接入方式的网络质量指标,具体步骤为:

采用加权权重方法评价每个所述网络接入方式的网络质量指标;其中,所述网络质量指标至少包括网络延迟性能以及网络抖动性能。

6. 一种基于QUIC传输协议的主动连接迁移系统,其特征在于,包括路径感知模块、路径评价模块以及连接迁移管理模块;

所述路径感知模块用于,通过遍历客户端的所有可用网络接口,主动获取所述客户端每个所述可用网络接口的网络接入方式以及网络接入路径;

所述路径评价模块用于,通过评价每个所述网络接入方式的网络质量指标,选取最优的所述网络接入方式,得到最优网络接入方式;根据所述最优网络接入方式获取所述最优

网络接入方式所对应的所述网络接入路径,得到最优网络接入路径;

所述连接迁移管理模块用于,将所述客户端的QUIC连接始终收敛在所述最优网络接入方式上,并通过所述最优网络接入路径让所述客户端进行主动迁移连接。

7. 根据权利要求6所述的基于QUIC传输协议的主动连接迁移系统,其特征在于,

所述路径感知模块具体用于,通过遍历所述客户端所在计算机的全部IP地址获取所述计算机的全部可用IP地址,并去除全部可用IP地址的回环地址;其中,一个可用IP地址代表一个可用的所述网络接入方式;

所述路径感知模块还具体用于,随机使用一个所述可用IP地址初始化一个所述客户端的QUIC连接;并在初始化的所有所述QUIC连接中,所述客户端通过网络策略获取每次请求使用的网络路径;其中,每次请求使用的所述网络路径为所述网络接入路径。

8. 根据权利要求7所述的基于QUIC传输协议的主动连接迁移系统,其特征在于,随机使用一个所述可用IP地址初始化一个所述客户端的QUIC连接,具体为:

随机使用一个所述可用IP地址使所述客户端与QUIC服务器建立通信连接;其中,当一个所述可用IP地址被所述客户端首次使用时,所述QUIC服务器对当前所述可用IP地址进行路径验证;当一个所述可用IP地址被所述客户端二次或二次以上使用时,所述QUIC服务器跳过对当前所述可用IP地址的路径验证。

9. 根据权利要求7所述的基于QUIC传输协议的主动连接迁移系统,其特征在于,

在初始化的所有所述QUIC连接中,所述客户端通过贪心算法或 ϵ -Greedy算法或UCB1算法获取每次请求使用的所述网络路径。

10. 根据权利要求6至9任一项所述的基于QUIC传输协议的主动连接迁移系统,其特征在于,评价每个所述网络接入方式的网络质量指标,具体为:

采用加权权重方法评价每个所述网络接入方式的网络质量指标;其中,所述网络质量指标至少包括网络延迟性能以及网络抖动性能。

一种基于QUIC传输协议的主动连接迁移方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及计算机网络通信技术领域,具体涉及一种基于QUIC传输协议的主动连接迁移方法及系统。

背景技术

[0002] QUIC的全称为Quick UDP Internet Connection,是谷歌制定的一种基于UDP的低时延的互联网传输层协议。QUIC旨在为HTTP提供一个安全、可靠、高效和低延时的通信基础。QUIC协议采用连接标识符唯一确定一个QUIC连接。即使底层网络发生改变,只要连接标识保持不变,就可以认为是同一个连接。在基于TCP连接的HTTP协议中,源IP地址改变或端口号改变如当客户端的NAT绑定超时导致源端口号改变时会导致连接中断。QUIC连接迁移的特性保证了客户端在WIFI、有线和移动网络之间切换时,可以保持上层的虚拟通道不变,避免重新连接带来的各种损失。

[0003] 但是,IETF(互联网工程任务组)标准化工作中将连接迁移分为三种场景:Failover mode、Standby mode和Aggregation mode,也就是说现有连接迁移是被动的,主要用来支持移动切换场景和弱网场景。因此,现有技术中为了实现主动连接迁移需要更改业务代码,降低了用户体验。

发明内容

[0004] 为了解决现有技术中为了实现主动连接迁移需要更改业务代码,降低了用户体验等技术问题,本发明提供一种基于QUIC传输协议的主动连接迁移方法及系统。

[0005] 本发明解决上述技术问题的技术方案如下:

[0006] 一种基于QUIC传输协议的主动连接迁移方法,包括如下步骤:

[0007] 通过遍历客户端的所有可用网络接口,主动获取所述客户端每个所述可用网络接口的网络接入方式以及网络接入路径;

[0008] 通过评价每个所述网络接入方式的网络质量指标,选取最优的所述网络接入方式,得到最优网络接入方式;

[0009] 根据所述最优网络接入方式获取所述最优网络接入方式所对应的所述网络接入路径,得到最优网络接入路径;

[0010] 将所述客户端的QUIC连接始终收敛在所述最优网络接入方式上,并通过所述最优网络接入路径让所述客户端进行主动迁移连接。

[0011] 本发明的有益效果是:基于现有的QUIC连接迁移机制,通过主动尝试当前客户端设备可用的不同网络接入方式,利用客户端的多次请求行为探索不同网络接入方式的访问质量,经过在线学习计算并收敛到当前业务的最优访问路径,提升用户体验,无需更改业务代码,支持业务快速演进。本发明实施例将网络评价探索集成到客户端QUIC请求传输操作中,能够提高网络服务响应速度,提高QUIC在异构多接入网络环境下移动性管理性能和传输效率。

[0012] 在上述技术方案的基础上,本发明还可以做如下改进。

[0013] 进一步,通过遍历客户端的所有可用网络接口,主动获取所述客户端每个所述可用网络接口的网络接入方式以及网络接入路径,具体包括如下步骤:

[0014] 通过遍历所述客户端所在计算机的全部IP地址获取所述计算机的全部可用IP地址,并去除全部可用IP地址的回环地址;其中,一个可用IP地址代表一个可用的所述网络接入方式;

[0015] 随机使用一个所述可用IP地址初始化一个所述客户端的QUIC连接;

[0016] 在初始化的所有所述QUIC连接中,所述客户端通过网络策略获取每次请求使用的网络路径;其中,每次请求使用的所述网络路径为所述网络接入路径。

[0017] 进一步,随机使用一个所述可用IP地址初始化一个所述客户端的QUIC连接,具体包括如下步骤:

[0018] 随机使用一个所述可用IP地址使所述客户端与QUIC服务器建立通信连接;其中,当一个所述可用IP地址被所述客户端首次使用时,所述QUIC服务器对当前所述可用IP地址进行路径验证;当一个所述可用IP地址被所述客户端二次或二次以上使用时,所述QUIC服务器跳过对当前所述可用IP地址的路径验证。

[0019] 采用上述进一步方案的有益效果是,采用有限的地址验证方案能够平衡网络性能和网络安全。

[0020] 进一步,在初始化的所有所述QUIC连接中,所述客户端通过网络策略获取每次请求使用的网络路径,包括如下步骤:

[0021] 在初始化的所有所述QUIC连接中,所述客户端通过贪心算法或 ϵ -Greedy算法或UCB1算法获取每次请求使用的所述网络路径。

[0022] 进一步,评价每个所述网络接入方式的网络质量指标,具体步骤为:

[0023] 采用加权重方法评价每个所述网络接入方式的网络质量指标;其中,所述网络质量指标至少包括网络延迟性能以及网络抖动性能。

[0024] 为了解决上述技术问题,本发明还提供一种基于QUIC传输协议的主动连接迁移系统,其具体方案如下:

[0025] 一种基于QUIC传输协议的主动连接迁移系统,包括路径感知模块、路径评价模块以及连接迁移管理模块;

[0026] 所述路径感知模块用于,通过遍历客户端的所有可用网络接口,主动获取所述客户端每个所述可用网络接口的网络接入方式以及网络接入路径;

[0027] 所述路径评价模块用于,通过评价每个所述网络接入方式的网络质量指标,选取最优的所述网络接入方式,得到最优网络接入方式;根据所述最优网络接入方式获取所述最优网络接入方式所对应的所述网络接入路径,得到最优网络接入路径;

[0028] 所述连接迁移管理模块用于,将所述客户端的QUIC连接始终收敛在所述最优网络接入方式上,并通过所述最优网络接入路径让所述客户端进行主动迁移连接。

[0029] 进一步,所述路径感知模块具体用于,通过遍历所述客户端所在计算机的全部IP地址获取所述计算机的全部可用IP地址,并去除全部可用IP地址的回环地址;其中,一个可用IP地址代表一个可用的所述网络接入方式;

[0030] 所述路径感知模块还具体用于,随机使用一个所述可用IP地址初始化一个所述客

户端的QUIC连接;并在初始化的所有所述QUIC连接中,所述客户端通过网络策略获取每次请求使用的网络路径;其中,每次请求使用的所述网络路径为所述网络接入路径。

[0031] 进一步,利用所述客户端随机使用一个所述可用IP地址初始化一个所述客户端的QUIC连接,具体为:

[0032] 利用所述客户端随机使用一个所述可用IP地址与QUIC服务器建立通信连接;其中,当一个所述可用IP地址被所述客户端首次使用时,所述QUIC服务器对当前所述可用IP地址进行路径验证;当一个所述可用IP地址被所述客户端二次或二次以上使用时,所述QUIC服务器跳过对当前所述可用IP地址的路径验证。

[0033] 进一步,在初始化的所有所述QUIC连接中,所述客户端通过贪心算法或 ϵ -Greedy算法或UCB1算法获取每次请求使用的所述网络路径。

[0034] 进一步,评价每个所述网络接入方式的网络质量指标,具体为:

[0035] 采用加权权重方法评价每个所述网络接入方式的网络质量指标;其中,所述网络质量指标至少包括网络延迟性能以及网络抖动性能。

附图说明

[0036] 图1为本发明实施例中一种基于QUIC传输协议的主动连接迁移方法的流程框图;

[0037] 图2为本发明实施例中QUIC传输协议的处理流程框图;

[0038] 图3为本发明实施例中四种策略的响应时间结果示意图;

[0039] 图4为本发明实施例中不同策略选择最优路径的概率图;

[0040] 图5为本发明实施例中一种基于QUIC传输协议的主动连接迁移系统的结构示意图。

具体实施方式

[0041] 以下结合附图对本发明的原理和特征进行描述,所举实例只用于解释本发明,并非用于限定本发明的范围。

[0042] 实施例1

[0043] 如图1所示,本实施例提供一种基于QUIC传输协议的主动连接迁移方法,包括如下步骤:

[0044] S1、通过遍历客户端的所有可用网络接口,主动获取所述客户端每个所述可用网络接口的网络接入方式以及网络接入路径;

[0045] 具体地,包括如下步骤:

[0046] 通过遍历所述客户端所在计算机的全部IP地址获取所述计算机的全部可用IP地址,并去除全部可用IP地址的回环地址;其中,一个可用IP地址代表一个可用的所述网络接入方式;

[0047] 随机使用一个所述可用IP地址初始化一个所述客户端的QUIC连接;

[0048] 在初始化的所有所述QUIC连接中,所述客户端通过网络策略获取每次请求使用的网络路径;其中,每次请求使用的所述网络路径为所述网络接入路径。

[0049] 其中,随机使用一个所述可用IP地址初始化一个所述客户端的QUIC连接,具体包括如下步骤:

[0050] 随机使用一个所述可用IP地址与QUIC服务器建立通信连接;其中,当一个所述可用IP地址被所述客户端首次使用时,所述QUIC服务器对当前所述可用IP地址进行路径验证;当一个所述可用IP地址被所述客户端二次或二次以上使用时,所述QUIC服务器跳过对当前所述可用IP地址的路径验证。采用有限的地址验证方案能够平衡网络性能和网络安全。

[0051] 如图2所示,客户端首先通过`net.InterfaceAddrs()`获取本机即客户端所在计算机的全部可用IP地址,并去除全部可用IP地址的回环地址。其中,每个IP地址代表一个可用的网络接入方式。客户端随机选择一个IP,初始化一个所述客户端的QUIC连接。在连接握手期间,握手必须协商多种传输参数,多种传输参数中包括连接标识符。客户端通过轮询、随机或其它策略方案选择每次客户请求使用的网络路径。参考QUIC连接和流的设计,对每次客户端请求对象中的所有流采用同一个Session处理。QUIC连接是指客户端与QUIC服务器之间的网络通信连接。

[0052] QUIC服务器收到新的客户端地址请求时,服务器必须验证客户端可以通过新的IP地址接收和响应数据包。服务器通过要求客户端提供接收到的数据的副本的方式证明客户端正在使用新地址进行通信。客户端重置其拥塞控制器并验证ECN支持性。在经过路径验证后,服务器更改即将发送的编号最大的非探测数据包的响应数据包的目的IP地址为新的客户端IP地址,确保不会将数据包发送到客户端的旧的对等地址,造成接收数据包重新排序的情况。由于本系统发生在客户端主动请求服务器后,因此通常不会发生服务器接收到新旧源IP地址的数据包乱序问题。采用有限的地址验证方案平衡性能和安全。由于跳过路径验证可以提高本系统性能,但是会带来安全风险。因此,客户端在有限的源IP地址空间选择一个IP地址进行通信。服务器维护客户端历史IP地址数据库,当收到曾经出现的客户端IP地址后,服务器跳过路径验证。

[0053] 所有QUIC数据包均以QUIC Common格式开头,其中包括1个由客户端选择的64位无符号随机数,用于作为连接标识符。每个连接标识符与一个QUIC连接绑定,即使客户端和/或服务器的IP和端口更改也不会改变。通过保持连接标识符不变,修改每次客户端请求所使用的源地址,从不同的网口发送数据完成传输。由于所有的数据包都采用相同的连接标识符,服务器会认为客户端进行了连接迁移,为新地址提供服务。

[0054] 在初始化的所有所述QUIC连接中,所述客户端通过网络策略获取每次请求使用的网络路径,包括如下步骤:

[0055] 在初始化的所有所述QUIC连接中,所述客户端通过贪心算法或 ϵ -Greedy算法或UCB1算法获取每次请求使用的所述网络路径。将状态离散的路径选择视为在线学习问题,将每次客户端完成的请求和响应过程称为一个时隙。每个时隙下的路径选择称为一个动作,每个时隙下的响应延迟称为反馈。可以采用贪心算法、 ϵ -Greedy算法和UCB1算法等常用在线学习求解算法进行模型求解。其中,贪心算法默认选择当前已知的回报率最高的动作,复杂度最低,但容易陷入局部最优。 ϵ -Greedy算法以 ϵ 的概率选择一个随机的action,以 $1-\epsilon$ 的概率选择目前最优的action,避免了贪心算法陷入局部最优的缺陷,但探索开销较大。UCB1算法不仅仅关注于回报,同样会关注每个动作被探索的次数。

[0056] S2、通过评价每个所述网络接入方式的网络质量指标,选取最优的所述网络接入方式,得到最优网络接入方式;

[0057] 具体步骤为：采用加权权重方法评价每个所述网络接入方式的网络质量指标；其中，所述网络质量指标至少包括网络延迟性能以及网络抖动性能。采用对数正态模型、正态模型或其他数学模型过滤突发的网络质量指标抖动。对数正态模型适合于网络稳定场景，正态模型适用于网络急剧变化场景。

[0058] 采用加权权重方法或者其他方法度量不同网络参数测量结果的期望和方法，参与连接迁移路径决策；具体步骤如下：

[0059] 假定是k条网络路径所对应的奖励满足一个预设的概率分布。

[0060] 采用主动连接迁移决策模型通过更少的探索，寻找到最佳通信路径。将客户端发出请求和该请求对应的QUIC服务器响应的完整过程称为一轮。每轮的路径选择称为一个动作，每轮的响应时间称为奖励。

[0061] 假设 X_k 为对数正态随机变量， $\ln(x_k) \sim N(\mu_k, \sigma_k^2)$ 为正态分布随机变量。给定 $X_k > 0$ ，则 X_k 的概率密度函数计算公式为：

$$[0062] \quad f(x_k) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}x_k\sigma_k} e^{-\frac{(\ln x_k - \mu)^2}{2\sigma_k^2}}. \quad (1)$$

[0063] 分布参数的极大似然估计计算公式为：

$$[0064] \quad \hat{\mu}_k = \frac{\sum_{i=1}^{N_k} \ln(X_{k,i})}{N_k} \quad (2)$$

$$[0065] \quad \hat{\sigma}_k^2 = \frac{[\ln(X_{k,i}) - \frac{\sum_{i=1}^{N_k} \ln(X_{k,i})}{N_k}]^2}{N_k - 1} \quad (3)$$

[0066] 对数正态分布随机变量 X_k 的期望和方差计算公式为：

$$[0067] \quad E(X_k) = e^{\hat{\mu}_k + \frac{\hat{\sigma}_k^2}{2}} = e^{\frac{\sum_{i=1}^{N_k} \ln(X_{k,i})}{N_k} + \frac{[\ln(X_{k,i}) - \frac{\sum_{i=1}^{N_k} \ln(X_{k,i})}{N_k}]^2}{N_k - 1}}} \quad (4)$$

$$[0068] \quad \begin{aligned} var(X_k) &= e^{2\hat{\mu}_k + \hat{\sigma}_k^2} (e^{\hat{\sigma}_k^2} - 1) \\ &= e^{2\frac{\sum_{i=1}^{N_k} \ln(X_{k,i})}{N_k} + \frac{[\ln(X_{k,i}) - \frac{\sum_{i=1}^{N_k} \ln(X_{k,i})}{N_k}]^2}{N_k - 1}}} \\ &\quad \cdot (e^{\frac{[\ln(X_{k,i}) - \frac{\sum_{i=1}^{N_k} \ln(X_{k,i})}{N_k}]^2}{N_k - 1}} - 1) \end{aligned} \quad (5)$$

[0069] 路径k上的响应采用历史响应延迟的平均值和方差这两部分组成(平均值代表延迟性能,方差代表抖动性能),a和b是两个部分的权重参数,且a+b=1。其中, r_k 计算公式为:

$$[0070] \quad r_k = aE[X_k] + b \cdot \text{var}(X_k). \quad (6)$$

[0071] 采用两种路径选择策略,分别为乐观路径选择OPS和悲观路径选择PPS。在OPS中,择置信下限最小的路径。路径指示器 I_k^{OPS} 计算公式为:

$$[0072] \quad \begin{aligned} I_k^{OPS} &= r_k - C \sqrt{\frac{2 \ln T}{N_k}} \\ &= aE[X_k] + b \cdot \text{var}(X_k) - C \sqrt{\frac{2 \ln T}{N_k}}. \end{aligned} \quad (7)$$

[0073] 在PPS中,选择置信上限最小的路径。路径指示器 I_k^{PPS} 的计算公式为:

$$[0074] \quad \begin{aligned} I_k^{PPS} &= r_k + C \sqrt{\frac{2 \ln T}{N_k}} \\ &= aE[X_k] + b \cdot \text{var}(X_k) + C \sqrt{\frac{2 \ln T}{N_k}}. \end{aligned} \quad (8)$$

[0075] 若 I_k^{OPS} 或者 I_k^{PPS} 在预设的概率分布内,则网络路径k为最优网络接入路径。

[0076] 采用自适应C值选择策略,其计算公式为:

$$[0077] \quad C = \frac{\sum_{k=1}^K (aE[X_k] + b \cdot \text{var}(X_k))}{K} \quad (9)$$

[0078] 采用对延迟和抖动的累计遗憾进行加权求和,来评估算法的有效性。T轮后的累计遗憾 ρ 的计算公式为:

$$[0079] \quad \begin{aligned} \rho &= \sum_{t=1}^T \tilde{r}_t - T\mu^* \\ &= \underbrace{a \left[\sum_{t=1}^T R_t - T \cdot \min(R_t) \right]}_{\text{The accumulated regret of delay}} + \underbrace{b \{ \text{var}(R_t) - \min[\text{var}(X_k)] \}}_{\text{The accumulated regret of jitter}} \end{aligned}$$

[0080] S3、根据所述最优网络接入方式获取所述最优网络接入方式所对应的所述网络接入路径,得到最优网络接入路径;

[0081] S4、将所述客户端的QUIC连接始终收敛在所述最优网络接入方式上,并通过所述最优网络接入路径让所述客户端进行主动迁移连接。

[0082] 在上述技术方案的基础上,本发明还可以做如下改进。

[0083] 本发明实施例基于现有的QUIC连接迁移机制,通过主动尝试当前客户端设备可用的不同网络接入方式,利用客户端的多次请求行为探索不同网络接入方式的访问质量,经

过在线学习计算并收敛到当前业务的最优访问路径,提升用户体验,无需更改业务代码,支持业务快速演进。本发明实施例将网络评价探索集成到客户端QUIC请求传输操作中,能够提高网络服务响应速度,提高QUIC在异构多接入网络环境下移动性管理性能和传输效率。

[0084] 分别评估四种路径选择策略对响应时间的影响,包括轮询, ϵ -贪婪,乐观PSA和悲观PSA。其中,轮询策略依次选择可用的网络路径,不根据响应时间进行任何策略调整。轮询策略表示这四个路径的平均性能。 ϵ -贪婪策略总是倾向于选择历史性能最好的路径,并随机探索具有一定概率 ϵ 的其他路径。这个策略是一个非常稳定的解决方案。在本实验中, $\epsilon=0.05$,这是该算法通常推荐的经验值。乐观的PSA和悲观的PSA分别根据等式18或等式19选择路径。 $S=100$, $a=0.8$ 。使用对数正态分布模型估计路径期望和方差。

[0085] 如图3所示,四种策略每轮的响应时间。因为轮询策略依次使用四条路径,即使这四条路径有不同程度的波动。但一般来说,轮询策略的响应时间接近周期性。与轮询相比,悲观PSA策略的1000轮响应时间的平均值和方差分别减少了41.01%和-9.59%。与 ϵ -贪婪策略相比,它减少了11.99%和8.71%。乐观的PSA表现优于其它三者。与轮询相比,其平均值和方差分别减少了59.43%和27.52%。与 ϵ -Greedy相比,两者的结果是39.47%和39.62%。

[0086] 如图4所示,不同策略选择最优路径的概率。后三种策略在多数回合中选择路径2作为传输路径,说明在当前实验条件下,路径2是最优路径。毫无疑问,轮询策略只有25%的命中概率。 ϵ -greedy策略最终的命中概率为91.3%,这是因为贪婪系数 ϵ 会使该策略以一定的概率 ϵ 避免最优路径。两种PSA策略的命中概率都以最快的速度接近100%,说明PSA具有高效、准确的路径探索效果。

[0087] 实施例2

[0088] 如图5所示,本实施提供一种基于QUIC传输协议的主动连接迁移系统,包括路径感知模块、路径评价模块以及连接迁移管理模块;

[0089] 所述路径感知模块用于,通过遍历客户端的所有可用网络接口,主动获取所述客户端每个所述可用网络接口的网络接入方式以及网络接入路径;

[0090] 所述路径评价模块用于,通过评价每个所述网络接入方式的网络质量指标,选取最优的所述网络接入方式,得到最优网络接入方式;根据所述最优网络接入方式获取所述最优网络接入方式所对应的所述网络接入路径,得到最优网络接入路径;评价每个所述网络接入方式的网络质量指标,具体为:采用加权权重方法评价每个所述网络接入方式的网络质量指标;其中,所述网络质量指标至少包括网络延迟性能以及网络抖动性能。

[0091] 所述连接迁移管理模块用于,将所述客户端的QUIC连接始终收敛在所述最优网络接入方式上,并通过所述最优网络接入路径让所述客户端进行主动迁移连接。

[0092] 具体地,所述路径感知模块具体用于,通过遍历所述客户端所在计算机的全部IP地址获取所述计算机的全部可用IP地址,并去除全部可用IP地址的回环地址;其中,一个可用IP地址代表一个可用的所述网络接入方式。

[0093] 所述路径感知模块还具体用于,随机使用一个所述可用IP地址初始化一个所述客户端的QUIC连接;并在初始化的所有所述QUIC连接中,利用所述客户端通过网络策略获取每次请求使用的网络路径;其中,每次请求使用的所述网络路径为所述网络接入路径。

[0094] 其中,随机使用一个所述可用IP地址初始化一个所述客户端的QUIC连接,具体为:

[0095] 随机使用一个所述可用IP地址使所述客户端与QUIC服务器建立通信连接;其中,当一个所述可用IP地址被所述客户端首次使用时,所述QUIC服务器对当前所述可用IP地址进行路径验证;当一个所述可用IP地址被所述客户端二次或二次以上使用时,所述QUIC服务器跳过对当前所述可用IP地址的路径验证。在初始化的所有所述QUIC连接中,所述客户端通过贪心算法或 ϵ -Greedy算法或UCB1算法获取每次请求使用的所述网络路径。

[0096] 本系统和方法需要通过较少次数的探索,为客户端尽快找到最优的传输路径。客户端和服务端之间的通信可以看做是黑盒模式。路径探索与评价模型满足以下三个假设:①客户端请求与传输路径的选择相互独立。②对于客户端的一次请求,本系统和方法优先选择一条路径进行通信。③路径选择的依据是不同接入方式对应的网络评价得分。本系统和方法优先选择得分最优的路径进行传输。

[0097] 本发明实施例在最初客户端进行选路的时候,是对于环境未知的随机选择,每步需要进行探索寻找新的路径,根据网络情况的好坏判断选择最佳路径,再不断进行选路,当发现最优路径时进行路径的切换和实时调整。本方法反复在多条路径中进行选择,任意路径将返回一个符合稳定概率分布的奖励,本方法目标是将一段时间内的总奖励最大化,通过主动尝试当前客户端设备可用的不同网络接入方式,利用客户端的多次请求行为探索不同网络接入方式的访问质量,经过在线学习计算并收敛到当前业务的最优访问路径,提升用户体验,无需更改业务代码,支持业务快速演进。

[0098] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,并不用以限制本发明,凡在本发明的构思和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

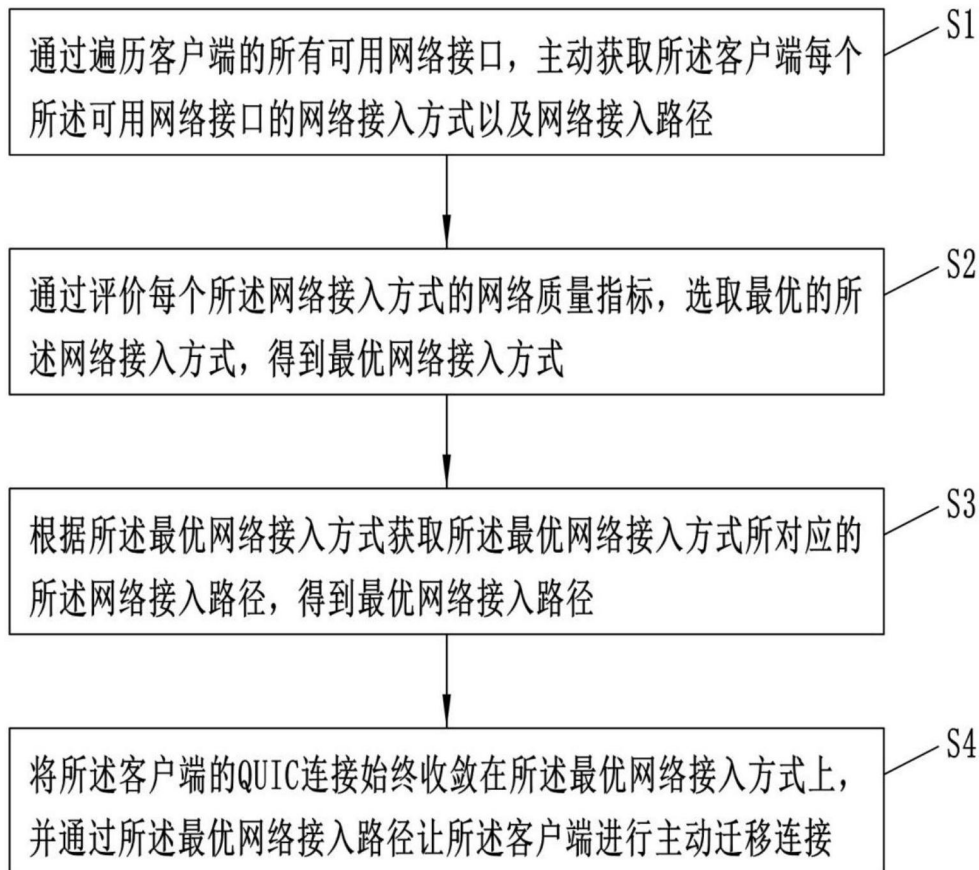


图1

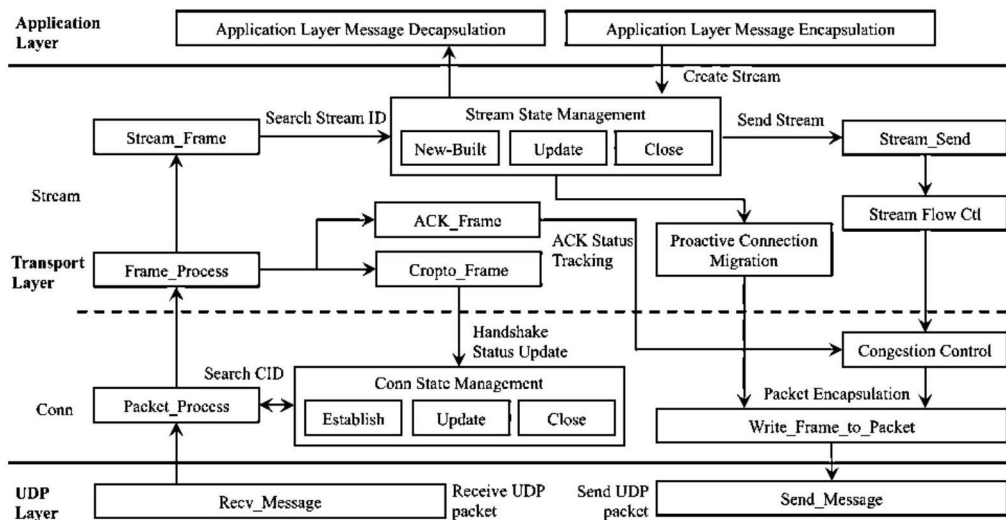


图2

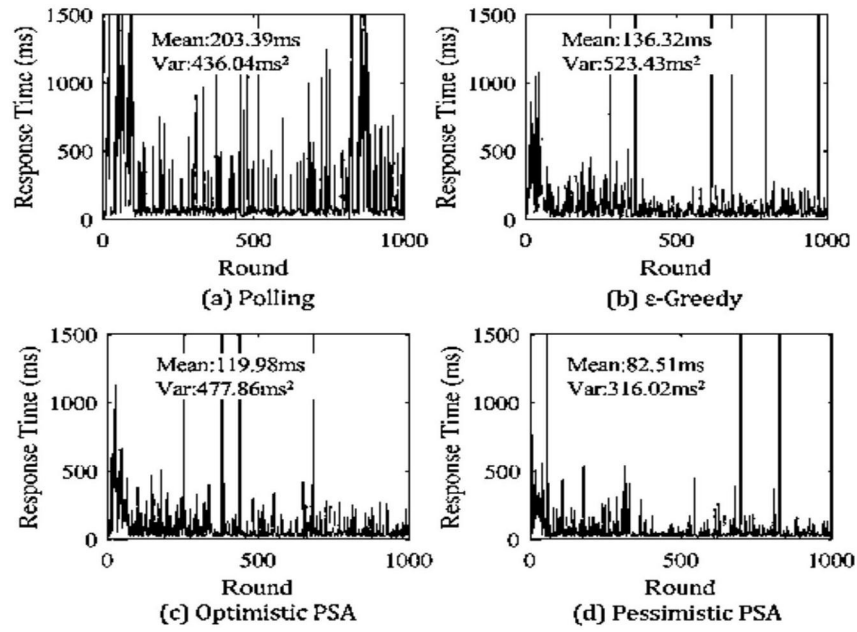


图3

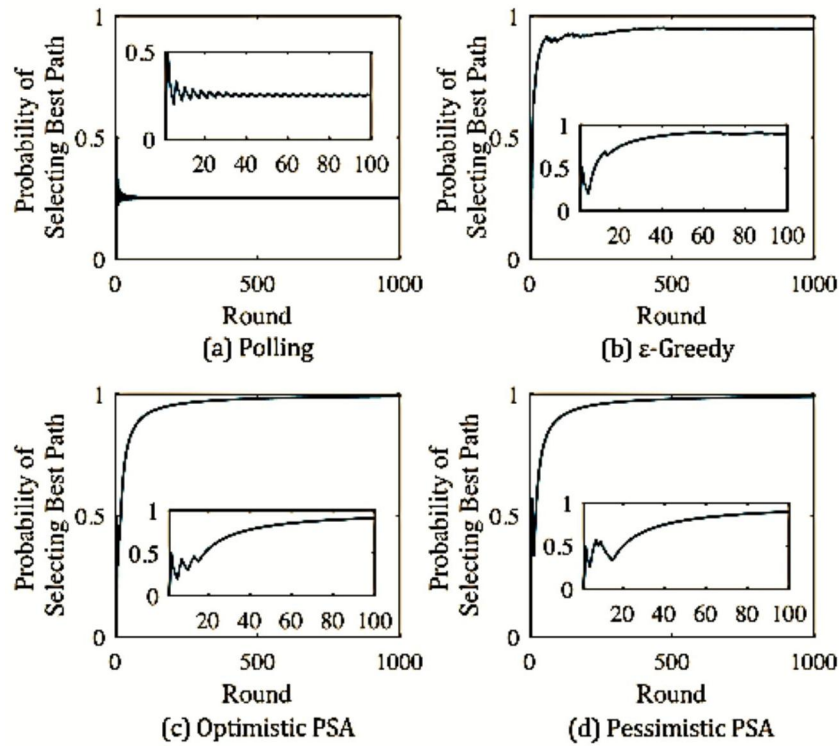


图4

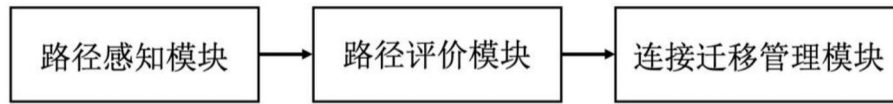


图5