



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110730248 B

(45) 授权公告日 2020.10.27

(21) 申请号 201911015829.8

H04L 12/24 (2006.01)

(22) 申请日 2019.10.24

H04L 29/06 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110730248 A

(56) 对比文件

CN 102036338 A, 2011.04.27

CN 101656653 A, 2010.02.24

(43) 申请公布日 2020.01.24

审查员 陈晓

(73) 专利权人 北京大学
地址 100871 北京市海淀区颐和园路5号

(72) 发明人 许辰人 倪蕴哲 钱风

(74) 专利代理机构 北京海虹嘉诚知识产权代理
有限公司 11129

代理人 何志欣

(51) Int. Cl.

H04L 29/08 (2006.01)

H04L 12/709 (2013.01)

H04L 12/725 (2013.01)

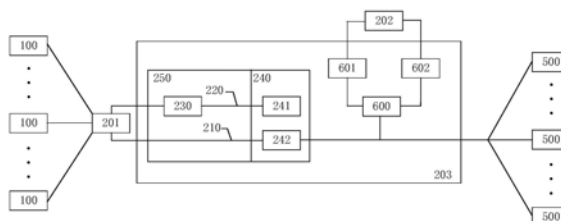
权利要求书2页 说明书12页 附图1页

(54) 发明名称

一种多路径传输中继设备及方法

(57) 摘要

本发明涉及一种多路径传输中继设备及方法,所述中继设备部署在多个客户端与多个服务器的通信路径上以中继所述客户端与所述服务器之间的通信数据,所述中继设备包括:收发模块以及调度模块,所述调度模块配置为融合基于位置感知的多日网络性能数据与短期历史数据生成预测网络性能的上下文数据,并基于所述上下文数据将多个所述收发模块接收的客户端或多个服务器的数据映射至所述收发模块接入的具有至少两个彼此独立的通信路径上,从而实现所述客户端与所述服务器之间的多路径传输。



1. 一种多路径传输中继设备,部署在多个客户端(100)与多个服务器(400)的通信路径上以中继所述客户端(100)与所述服务器(400)之间的通信数据,

其特征在于,

所述中继设备至少包括:收发模块(201)以及调度模块(203),

所述调度模块(203)配置为融合短期历史数据(602)与基于位置感知的多日网络性能数据(601)生成预测网络性能的上下文数据(600),并基于所述上下文数据(600)将所述收发模块(201)接收的多个客户端(100)或多个服务器(400)的数据映射至所述收发模块(201)接入的具有至少两个彼此独立的通信路径(500)上,从而实现所述客户端(100)与所述服务器(400)之间的多路径传输,其中,

所述短期历史数据(602)是过去几秒内检测到的网络性能参数,或者是信号的实时网络性能参数。

2. 根据权利要求1所述的中继设备,其特征在于,所述调度模块(203)配置为将所述收发模块(201)接收的数据分流至用于绕过内核协议栈(230)处理的第一路径(210)和经过内核协议栈(230)处理的第二路径(220),并按照将经由所述第一路径(210)处理的数据映射至至少两个彼此独立的通信路径(500)的方式构建用户空间(240)层面的多用户多路径传输框架。

3. 根据权利要求2所述的中继设备,其特征在于,所述调度模块(203)基于所述收发模块(201)对接收的数据进行解析以对接收的数据进行分类,从而将符合可编辑的特定数据类型的数据分流至所述第一路径(210),其中,所述调度模块(203)按照如下步骤对所述接收的数据分类:

基于所述接收的数据的帧结构是否符合所述特定数据类型的帧结构;

基于所述接收的数据是否为直接连接目标客户端(100)或目标服务器(400)。

4. 根据权利要求1或2所述的中继设备,其特征在于,所述中继设备还设置有至少一个数据获取模块(202),所述调度模块(203)基于至少一个数据获取模块(202)获取每个所述通信路径(500)上涉及端到端聚合性能的第一数据、不同客户端(100)连接或服务器(400)连接传输所涉及的第二数据以及涉及网络性能的第三数据。

5. 根据权利要求4所述的中继设备,其特征在于,所述调度模块(203)通过所述数据获取模块(202)的所述第一数据、第二数据和第三数据获取基于位置感知的多日网络性能数据(601)与短期历史数据(602),其中,

所述调度模块(203)融合基于位置感知的多日网络性能数据(601)与短期历史数据(602)的方式为:基于互补的方式将所述基于位置感知的多日网络性能数据(601)和短期历史数据(602)统一为网络性能指标估计。

6. 根据权利要求5所述的中继设备,其特征在于,所述调度模块(203)配置为:

基于所述网络性能指标估计而感知不同制式网络的断开连接;

基于所述不同网络的断开连接的感知而预测不同制式网络间的切换结果的概率;

基于所述预测的不同切换结果的概率而生成风险切换结果,其中,

所述切换结果为切换成功、切换失败以及中断。

7. 根据权利要求6所述的中继设备,其特征在于,所述调度模块(203)配置为通过如下步骤获取风险切换结果:

对预测切换成功、切换失败以及中断的错误预测分配不同的惩罚值；
基于所述惩罚值以及预测切换成功、切换失败以及中断的概率构建风险决策表；
基于所述风险决策表得到的最小风险值而生成风险切换结果。

8. 根据权利要求7所述的中继设备,其特征在于,在风险切换结果表示为至少一个制式网络的连接处于切换失败和/或中断的情况下,所述调度模块(203)跨所述通信路径(500)重传该制式网络的连接传输的数据副本从而减少乱序延迟和丢包。

9. 一种多路径传输中继方法,包括在多个客户端(100)与多个服务器(400)通信的路由路径上部署第一数据中继处理模块(200),其特征在於,所述方法还包括:

所述第一数据中继处理模块(200)与具有多路径传输能力的多个客户端(100),或服务器(400),或与多个所述服务器(400)建立通信会话的第二数据中继处理模块(300)建立多路径连接,其中,

所述第一数据中继处理模块(200)和第二数据中继模块(300)配置为融合短期历史数据(602)与基于位置感知的多日网络性能数据(601)的方式预测网络性能,并基于预测的网络性能将接收的多个所述客户端(100)或服务器(400)的数据映射至至少两个彼此独立的通信路径(500)上,从而实现所述客户端(100)与所述服务器(400)之间的多路径传输,其中,

所述短期历史数据(602)是过去几秒内检测到的网络性能参数,或者是信号的实时网络性能参数。

10. 根据权利要求9所述的多路径传输中继方法,其特征在於,所述第一数据中继处理模块(200)和第二数据中继模块(300)将接收的多个所述客户端(100)或服务器(400)的数据分流至用于绕过内核协议栈(230)处理的第一路径(210)和经过内核协议栈(230)处理的第二路径(220),并按照将经由所述第一路径(210)处理的数据映射至至少两个彼此独立的通信路径(500)的方式构建用户空间(240)层面的多用户多路径传输框架。

一种多路径传输中继设备及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及通信技术领域,尤其涉及一种多路径传输中继设备。

背景技术

[0002] 近年来,智能终端逐渐取代桌面个人电脑成为未来网络中最重要的接入点,同时宽带接入技术迅猛发展,泛在网络环境日趋成熟,任意智能终端均可同时使用多个网络。因此,多路径传输作为一种有效提高网络资源利用率的新技术,成为现有研究的热点之一。多路径传输技术在一定程度上有效提高了传输的可靠性,增加网络的抗毁性,实现吞吐量性能的改进,但同时也加大了资源管理的难度。

[0003] 例如,文献[1]王凤华.多路径传输管理技术的研究[D].北京邮电大学,2014.针对现有技术中在多路径传输存在链接的总体吞吐量随着路径数量的增加而下降的简单轮询调度算法,忽略了路径差异和丢包的存在,导致接收端数据包乱序,进而出现阻塞的问题,建立分组到达接收端时间的预测模型,并根据预测智能调度分组,尽量实现分组的有序到达;再次,研究两种重传机制,分析丢包引起两种重传发生的概率、重传所需的时间,以及引起的接收端开销。为了增大分组到达的概率,减少接收端开销,引入前向纠错(Forward Error Correction,FEC)冗余机制。但FEC同时也带来一些额外的冗余开销,通过进一步将基于FEC的冗余调度管理抽象为一个受限优化问题,通过求解此问题的最优解进行分组调度。但是,FEC所带来的协议开销较大,增加了分组调度的成本,影响了端到端传输的性能,尤其是面对高度动态变化的网络环境下,一旦重传的数据包队列占满有限的缓存区,则发送端的数据包停止发送,直到缓存区有新的空余空间后才会继续发送,这样会导致整个链接的性能下降。

[0004] 例如,公开号为CN109347738A的中国专利文献公开了一种车载异构网络的多路径传输调度优化方法,所述方法包括如下步骤:估计无序数据包的数量和所需缓冲区大小;若预测所需缓冲区大于可用缓冲区,则启用Q学习,通过吞吐量预测的可用带宽的路径选择算法发现性能较差的子流,并停止通过这些子流进行传输;一旦拓扑结构变化,使得可用的接收缓冲区超过所需缓冲区大小的2.5倍时,则重新使用所有停止掉的子流发送数据。该专利提供的方法用于解决由于异构网络中路径之间的延迟、带宽、负载、丢包率等因素互不相同,而多路径传输协议(Multi-Path Transmission Control Protocol,MPTCP)默认的Round-Robin算法在使用这些路径传输资源时会导致数据包乱序,进而引起接收缓冲区阻塞的问题。但是,尽管该专利通过启用Q学习预测吞吐量实现调度,然而对于车载的使用场景,车辆的移动会导致网络处于动态变化的环境,即网络每隔一段时间可能会断开连接,这种断开连接不仅会导致错误地停止一些可用路径,而且会错误地预测所需的缓冲区大小,从而导致网络的吞吐量大幅度下降。

[0005] 例如,文献[2]朱丹阳.移动车联网的多路径传输技术研究[D].2018.针对车载节点的移动性以及网络拓扑的高度动态变化,导致通信中断,使得数据无法进行传输的问题;以及异构无线网络的环境下,路径质量具有差异性,传统的数据分配机制会严重影响传输

速率,网络资源得不到充分的利用,使得传输性能下降的问题;提出了一种基于丢包区分的MPTCP多路径传输解决方案,该方案将排队论模型应用到多路径数据传输的数据分发中,评估各条子路径的传输质量,依据各条子路径的质量动态分布数据,提高传输速率;基于可靠性选项探针识别链路中断,实施监测路径可靠性,并在链路不可靠时将数据切换到其他路径维持稳定的传输,不但减少不必要的重传,而且缩短了数据向上层递交的时间,提高了传输性能。该文献所采用的实时监测方法是利用MPTCP提供的子类型标识来设置一种可靠性选项,例如OPT_LR选项,当发送端在超过链路中测量最大的往返时延之后仍旧没有接受到来自接受端的确认信息时,则认为该条路径已经中断,无法进行数据的传输。通过该方式实现实时监测,从而适应因车辆快速移动而造成的网络环境的高频变化。但是,这种方法过于依靠网络测量技术,其可靠性由网络测量技术的精度决定;其次在高速移动的环境下,例如高铁的时速高达350公里/小时,因此移动通信网络处于频繁的网络切换或中断状态,可能出现接收端没有收到OPT_LR选项,但下一时刻列车由于高速移动,而处于基站覆盖范围内,从而重新恢复连接,导致错误地判断当前网络状况而进行快速重传。即使采用OPT_LR选项能够准确可靠地监测当前网络的状况,而快速动态变化的网络,也会导致数据包被频繁、快速地切换,大幅度降低多路径传输的性能。而且,以上专利或文献均没有考虑到列车或车辆在行进过程中的行进线路都是预先规划好的,通过建模和预测轨旁连接,可以避免在链路上数据包被很快地切换。综上,需要基于快速动态变换网络的重复连接的独特特性,融合多尺度信息以基于位置感知的方式全面地预测网络条件,使得分组调度对带宽和连接的不确定性更加健壮。

[0006] 此外,一方面由于对本领域技术人员的理解存在差异;另一方面由于发明人做出本发明时研究了大量文献和专利,但篇幅所限并未详细罗列所有的细节与内容,然而这绝非本发明不具备这些现有技术的特征,相反本发明已经具备现有技术的所有特征,而且申请人保留在背景技术中增加相关现有技术之权利。

发明内容

[0007] 针对现有技术之不足,本发明提供了一种多路径传输中继设备,部署在多个客户端与多个服务器的通信路径上以中继所述客户端与所述服务器之间的通信数据。所述中继设备包括:收发模块以及调度模块。所述调度模块配置为融合基于位置感知的多日网络性能数据与短期历史数据生成预测网络性能的上下文数据。所述调度模块基于所述上下文数据将多个所述收发模块接收的客户端或多个服务器的数据映射至所述收发模块接入的具有至少两个彼此独立的通信路径上,从而实现所述客户端与所述服务器之间的多路径传输。通过该设置方式,通过考虑离线的位置感知网络性能信息和在线信号信息(例如,切换指示信号和分配的无线频谱资源),能够对异常位置输入具有强大的鲁棒性、对网络中断具有敏捷性以及始终最大化带宽利用率。位置感知可以是至少通过移动物体的物理位置和网络位置来感知网络的动态变化,从而预测在不同的位置下移动物体的移动通信网络的性能,例如预测移动通信网络的吞吐量、路径往返延迟时间等。基于位置感知的多日网络性能数据可以通过基于位置感知方式,例如通过使用蜂窝信号构建基于位置感知预测网络性能的数据库,来存储相应移动物体(动车、火车、汽车等)多日运行下生成的基于位置感知的预测网络性能的数据。多日网络性能数据存储于该数据库中,是一种通过多天多次预测生

成的离线数据。短期历史数据可以是短期内,如过去几秒内检测到的吞吐量、RTT等网络性能参数,也可以是信号的实时网络性能参数。

[0008] 根据一种优选实施方式,所述调度模块配置为将所述收发模块接收的数据分流至用于绕过内核协议栈处理的第一路径和经过内核协议栈处理的第二路径。所述调度模块按照将经由所述第一路径处理的数据映射至至少两个彼此独立的通信路径的方式构建用户空间层面的多用户多路径传输框架。

[0009] 根据一种优选实施方式,所述调度模块基于所述收发模块对接收的数据进行解析以对接收的数据进行分类,从而将符合可编辑的特定数据类型的数据分流至所述第一路径。所述调度模块按照如下步骤对所述接收的数据分类:基于所述接收的数据的帧结构是否符合所述特定数据类型的帧结构;基于所述接收的数据是否为直接连接目标客户端或目标服务器。

[0010] 根据一种优选实施方式,所述中继设备还设置有至少一个数据获取模块。所述调度模块基于至少一个数据获取模块获取每个所述通信路径上涉及端到端聚合性能的第一数据、不同客户端连接或服务器连接传输所涉及的第二数据以及涉及网络性能的第三数据。

[0011] 根据一种优选实施方式,所述调度模块通过至少一个数据获取模块的所述第一数据、第二数据和第三数据获取基于位置感知的多日网络性能数据与短期历史数据。所述调度模块融合基于位置感知的多日网络性能数据与短期历史数据的方式为:基于互补的方式将所述基于位置感知的多日网络性能数据和短期历史数据统一为网络性能指标估计。

[0012] 根据一种优选实施方式,所述调度模块配置为:基于所述网络性能指标估计而感知不同制式网络的断开连接;基于所述不同网络的断开连接的感知而预测不同制式网络间的切换结果的概率;基于所述预测的不同切换结果的概率而生成风险切换结果。所述切换结果为切换成功、切换失败以及中断。

[0013] 根据一种优选实施方式,所述调度模块配置为通过如下步骤获取风险切换结果:对预测切换成功、切换失败以及中断的错误预测分配不同的惩罚值;基于所述惩罚值以及预测切换成功、切换失败以及中断的概率构建风险决策表;基于所述风险决策表得到的最小风险值而生成风险切换结果。

[0014] 根据一种优选实施方式,在风险切换结果表示为至少一个制式网络的连接处于切换失败和/或中断的情况下,所述调度模块跨所述通信路径重传该制式网络的连接传输的数据副本从而减少乱序延迟和丢包。

[0015] 本发明还提供一种多路径传输中继方法,包括在多个客户端与多个服务器通信的路由路径上部署第一数据中继处理模块。所述方法还包括:所述第一数据中处理模块与具有多路径传输能力的多个客户端或服务器或与多个所述服务器建立通信会话的第二数据中继处理模块建立多路径连接。所述第一数据中继处理模块和第二数据中继模块配置为融合基于位置感知的多日网络性能数据与短期历史数据的方式预测网络性能,并基于预测的网络性能将接收的多个所述客户端或服务器的数据映射至至少两个彼此独立的通信路径上,从而实现所述客户端与所述服务器之间的多路径传输。

[0016] 根据一种优选实施方式,所述第一数据中继处理模块和第二数据中继模块将接收的多个所述客户端或服务器的数据分流至用于绕过内核协议栈处理的第一路径和经过内

核协议栈的第二路径。所述第一数据中继处理模块和第二数据中继模块按照将经由所述第一路径处理的数据映射至至少两个彼此独立的通信路径的方式构建用户空间层面的多用户多路径传输框架。

附图说明

[0017] 图1是本发明的中继设备的一个优选实施方式的模块示意图；

[0018] 图2是本发明的一个优选的风险切决策表；和

[0019] 图3是本发明方法的一个优选实施方式的模块示意图。

[0020] 附图标记列表

[0021]	100:客户端	200:第一数据中继处理模块
[0022]	300:第二数据中继处理模块	400:服务器
[0023]	500:通信路径	201:收发模块
[0024]	202:数据获取模块	203:调度模块
[0025]	210:第一路径	220:第二路径
[0026]	230:内核协议栈	240:用户空间
[0027]	250:内核空间	241:标准套接字
[0028]	242:原始套接字	600:上下文数据
[0029]	601:多日网络性能数据	602:短期历史数据
[0030]	P_I :切换成功概率	P_{II} :切换失败概率
[0031]	P_{III} :中断概率	

具体实施方式

[0032] 下面结合附图1至3进行详细说明。

[0033] 首先,对本发明使用的部分术语进行定义:

[0034] 代理服务器:可以是指网络代理,提供一种特殊的网络服务,允许一个网络终端通过这个服务与另一个网络终端进行非直接连接。

[0035] 带宽聚合:多路径期望在多条可用路径上的并行传输可以成倍地增加网络可用带宽。若能使用这种方式实现有效的带宽聚合,多宿主设备将获得好的网络性能。

[0036] 分组(Packet):对应于TCP/IP的网络层,指的是TCP/IP协议通信传输的数据单位,也可以称为数据包,通常在调度中称为分组,指的是调度策略转发数据的粒度。

[0037] 用户空间(User Space):用户程序的运行空间。

[0038] 内核空间(Kernel Space):操作系统内核的运行空间。

[0039] 上下文(Context):上下文简单说来就是一个环境参数。环境参数是关于网络性能以及调度用户流时的传输时间和字节等参数。

[0040] 网络命名空间:Linux内核提供了命名空间,命名空间将全局系统资源包装到一个抽象中,该抽象只会与命名空间中的进程绑定,从而提供资源隔离;网络命名空间为命名空间中的所有进程提供了全新的网络堆栈,包括网络接口、路由表等。

[0041] 小区识别码(Cell-ID):用于确定用户位置,即无线网络上报终端所处的小区号(根据服务的基站来估计),位置业务平台把小区号翻译成经纬度坐标。

[0042] 参考信号接收功率(Reference Signal Receiving Power,RSRP):测量频率带宽上承载参考信号的资源元素上的接收功率的线性平均值,是LTE网络中可以代表无线信号强度的关键参数以及物理层测量需求之一,是在某个符号内承载参考信号的所有资源粒子上接收到的信号功率的平均值。用处和规范都等同于WCDMA中的RSCP(Received Signal Code Power)接收信号功率。

[0043] 信号参数跟踪:指的是蜂窝信号相关参数的时序图。

[0044] 实施例1

[0045] 针对现有技术之不足,本发明提供了一种多路径传输中继设备,部署在多个客户端100与多个服务器400的通信路径上以中继客户端100与服务器400之间的通信数据。中继设备包括:收发模块201以及调度模块203。优选地,收发模块201用于接收多个客户端100或服务器400的数据。优选地,收发模块201至少包括有线/无线网关、信号接收器、信号发射器,能够接收有线或无线信号。优选地,收发模块201还包括WLAN接口、Wi-Fi接口、以太网RH45接口等。优选地,收发模块201还包括蓝牙模块、ZigBee模块等。优选地,收发模块201还包括带有相应SIM卡槽的基带处理电路,或者是包括SIM卡槽以及相应的基带处理芯片。SIM卡槽通过设置在SIM卡槽外的外围逻辑电路与基带处理芯片。优选地,基带处理电路或基带处理芯片能够调制和解调不同移动通信技术的信号,例如,全球移动通信(Global System for Mobile Communication,GSM)、宽带码分多址(Wideband Code Division Multiple Access,WCDMA)、码分多址(Code Division Multiple Access,CDMA)、时分-同步码分多址(Time Division-Synchronous Code Division Multiple Access,TD-SCDMA)、第三代移动通信技术(The 3rd-Generation Mobile Communication,3G)长期演进(Long term Evolution,LTE)、符合第四代移动通信技术(The 4th-Generation Mobile Communication,4G)标准的LTE-Advanced、具备第四代移动通信技术特征的系统架构演进项目(System Architecture Evolution,SAE)以及第五代移动通信技术(The 5th-Generation Mobile Communication,5G)。优选地,收发模块201为每个相应的运营商的移动通信网络配置一套射频电路和调制解调模块,从而使得不同运营商的信号可以同时工作。优选地,为节约成本,收发模块201可以至少包括两套发射电路和调制解调模块,从而能够同时使用两个不同制式的网络。

[0046] 优选地,调度模块203能够处理收发模块201接收的数据,并分配至不同的通信路径500上。调度模块203可以是中央处理器(Central Processing Unit,CPU)、通用处理器、数字信号处理器(Digital Signal Processor,DSP)、专用集成电路(Application-Specific Integrated Circuit,ASIC)、现场可编程门阵列(Field Programmable Gate Array,FPGA)或者其他可编程逻辑器件、晶体管逻辑器件、硬件部件或者其任意组合。优选地,调度模块203承载有操作系统,例如Linux系统。优选地,不同的通信路径500是指中继设备内的收发模块201接入的不同制式的网络。

[0047] 优选地,中继设备还设置有至少一个数据获取模块202。数据获取模块202能够获取至少三类数据。例如,每个通信路径500上涉及端到端聚合性能的第一数据。第一数据至少包括该通信路径500上每秒的吞吐量。优选地,数据获取模块202还可以获取不同客户端100连接或服务器400连接传输所涉及的第二数据。第二数据可以是影响QoE优化有关的因素,例如传输的数据流的类型以及传输完成的百分比。例如,通过第二数据可以对HTML文件

进行优先级排序,以减轻关键路径中的排队阻塞。作为另一示例,通过第二数据可以分别监视在(子)流和用户级别传输的活动时间和字节,以进行共流调度和基于优先级/公平性考虑的带宽保证。优选地,数据获取模块202还可以获取涉及网络性能的第三数据。优选地,第三数据不仅可以提供实时切换信号和PHY层带宽以获取短期历史数据602,还可以将其小区识别码和信号强度提供给调度模块203,以进行位置感知的预期网络性能预测。优选地,短期历史数据602可以是短期内,如过去几秒内检测到的吞吐量、RTT等网络性能参数,也可以是信号的实时网络性能参数。

[0048] 优选地,基于位置感知的预期网络性能预测可以是至少通过移动物体的物理位置和网络位置来感知网络的动态变化,从而预测在不同的位置下移动物体的移动通信网络的性能,例如预测移动通信网络的吞吐量、路径往返延迟时间等。优选地,对于火车、动车、高铁以及公共汽车来说,其行驶路径都是预先规划好的。因此可以通过建模和预测轨旁连接,可以避免数据传输的链路被快速的切换。但是,高速移动使得网络连接不像低移动场景下那样可预测。本实施例以京沪高速铁路的“复兴号”列车进行了试验,因为它代表了列车速度(即350km/h)的最快的高铁网络环境。通过测试可以发现蜂窝小区的切换可以在不同的时间发生,而且在不同的时间能够同时连接到完全不同的蜂窝小区。而且,通过测试发现,在低速移动场景下,蜂窝信号可以用作网络性能预测的指标,然而在高速移动的环境下,蜂窝信号强度与网络性能的关联性较弱。具体表现如下:当蜂窝信号的RSRP大于-100dBm时,所有运营商的中值吞吐量差异很小。而且变化幅度大,例如在弱信号(小于等于-110dBm)的情况下,其吞吐量为5Mbps,在RSRP为-80dBm的情况下,其吞吐量为100kbps。因此,在高速移动场景中,网络性能的预测是及其重要的。由于原位策略使得小区识别码的跟踪与列车的移动性跟踪不一致,并且当信号强度在30dB范围内时,网络性能非常随机。因此需要在位置感知的基础上预测网络性能,从而在高速移动场景中避免网络被切换或中断。例如,基于位置感知预测网络性能可以通过使用蜂窝信号构建基于位置感知预测网络性能的数据库的方式,将网络相关参数传递给调度模块203,使得调度模块203能够基于频繁的网络中断或网络切换来保证网络的吞吐量,从而提高在高速移动场景下的端到端传输的性能。

[0049] 优选地,调度模块203配置为融合基于位置感知的多日网络性能数据601与短期历史数据602生成预测网络性能的上下文数据600。优选地,多日网络性能数据601可以通过基于位置感知方式。基于位置感知的方式可以是使用蜂窝信号构建基于位置感知预测网络性能的数据库,来存储相应移动物体(动车、火车、汽车等)多日运行下生成的基于位置感知的预测网络性能的数据。多日网络性能数据601存储于该数据库中,是一种通过多天多次预测处理生成的离线数据。短期历史数据602可以是短期内,如过去几秒内检测到的吞吐量、RTT等网络性能参数,也可以是信号的实时网络性能参数。优选地,调度模块203基于上下文数据600将多个收发模块201接收的客户端100或多个服务器400的数据映射至收发模块201接入的具有至少两个彼此独立的通信路径500上,从而实现客户端100与服务器400之间的多路径传输。通过以上设置方式,能够将基于位置感知的分组调度的概念转变到端到端多路径传输的实际系统中。通过利用位置感知的长时间的多日网络性能数据601获取列车在高速移动网络环境下的确定性连通模式,并融合短时间内的观察到的短期历史数据602,例如吞吐量、RTT等来缓解因TCP拥塞状态、信号强度(部分是由于天气条件)和负载等因素导致多日网络性能数据601内不同时间下高速移动网络条件较大的变化,为网络性能的预测

提供良好的校准基础,从而提高高速移动环境下网络连接的鲁棒性。

[0050] 优选地,多日网络性能数据601可以通过构建相应的数据库来查找的方式供调度模块203使用。优选地,本实施例采用基于蜂窝信息的可靠位置性能校准解决方案。蜂窝信息对GPS信号中断和列车延迟具有很强的鲁棒性。优选地,数据库可以采用“Key-Value”键值分布式存储数据库,根据关键字(Key)取值(Value),具有极高的并发读写能力。优选地,数据库的关键字问题是如何根据蜂窝信息设计有效的网络性能查找的关键字。优选地,现有技术一般采用稻草人解决方案。稻草人解决方案是直接将瞬时的蜂窝信息(小区识别码和RSRP值)映射至TCP性能。这种解决方案可能会导致关键字部分出现两个问题。首先,由于无线信道不断地经历快速衰落,因此在不同日期的相同位置处产生的RSRP跟踪可能显著不同。其次,由于不仅移动设备可以日常切换到同一物理位置的不同蜂窝小区,而且还有路由上的重复小区识别码,因此小区识别码和列车的物理位置之间的映射是不确定的。

[0051] 优选地,数据库可以通过数据获取模块202的第一数据、第二数据和第三数据按照如下方式构建:

[0052] 1、基于获取的第一数据和/或第二数据和/或第三数据进行处理以构建信号参数数据;

[0053] 2、基于信号参数数据构建用于网络性能预测的性能数据;

[0054] 3、基于多个网络之间的断开连接模式构建切换数据。通过该设置方式,在关键字设置部分小区识别码基于对应的数据类型取不同的值(Value),从而避免上述所提到的关键字与值对应不匹配的问题。

[0055] 优选地,性能数据和切换数据构建基于位置感知预测多个网络性能的多日网络性能数据601。优选地,数据库向调度模块203传递性能数据和切换数据。优选地,数据库至少包括信号参数数据、性能数据以及切换数据。其中,信号参数数据以及切换数据的关键字设置为小区识别码。切换数据对应的值为对应预测的切换失败或中断相关的数据。信号参数数据的值为相关RSRP识别码。优选地,性能数据的关键字为RSRP识别码。优选地,性能数据对应的值为网络性能参数,例如吞吐量、RTT、丢包率等。优选地,切换数据为调度模块203提供相关网络切换的信息。

[0056] 根据一种优选实施方式,构建信号参数数据步骤如下:

[0057] a、基于获取的第一数据和/或第二数据和/或第三数据将不同制式的信号参数跟踪独立,从而分离物理位置和网络位置的依赖关系。通过该设置方式带来的有益效果是:由于在同一条路由上,每个运营商的信号切换策略和结果在不同的时间可能会有很大的差异,因此通过在数据库的查询过程设计为以每个运营商独立匹配为基础,分离物理位置和网络位置的依赖关系,能够提高数据库分析和查询效率。

[0058] b、将获取的第一数据和/或第二数据和/或第三数据中对应的每个小区识别码的信号参数跟踪按照第一时间和重叠窗口的方式分割为若干跟踪条目。优选地,信号参数跟踪可以是RSRP跟踪。将RSRP跟踪以第一时间为单位分割成若干小段。重叠窗口是指每两个小段之间的重叠部分。通过该设置方式,在短时间内使用信号跟踪作为搜索历史网络性能的关键的一部分。尽管每个蜂窝小区的整个RSRP追踪不太可能完全重复,但局部趋势可能仍然遵循物理规则。因此,将所有RSRP跟踪分成若干跟踪条目,然后按小区识别码对它们进行分组。通过收集多天的数据跟踪,以枚举的方式来获取大多数情况。

[0059] 根据一种优选实施方式,构建用于网络性能预测的性能数据的步骤如下:

[0060] A、基于信号参数数据中存储的与小区识别码关联的至少一天内的跟踪条目与该小区识别码关联的新输入的跟踪条目之间的距离度量进行最佳匹配以生成性能数据。优选地,距离度量可以是欧几里德距离。通过该设置方式,能够通过欧几里德距离度量两个跟踪条目的相似性,而两个跟踪条目相似的网络也应具有相似的性能。

[0061] B、在跟踪条目进行匹配的情况下,返回自跟踪条目匹配之前的位于第二时间内的性能数据。优选地,由于蜂窝数据收到TCP性能预测存在时间延迟,因此需要采用前瞻性查询的方式来提高网络性能预测的可靠性。时间延迟至少包括高达200ms的蜂窝芯片延迟、上行链路延迟以及预测匹配算法的执行时间。优选地,第二时间可以是以上延迟的总时间,例如5秒。

[0062] 根据一种优选实施方式,在至少一个关于小区识别码的距离度量的最小值大于第一阈值的情况下,数据库通过向调度模块203反馈置信值以作为参考,从而量化性能数据的可靠性。优选地,置信值被计算为 N_1/K ,其中 N_1 是小于经验阈值的顶部K最小距离的计数。优选地,由于RSRP段的输入可能与通过上述匹配得到的性能参数差异较大,或者欧几里德距离的值较大,导致相似性较低,预测的网络性能不可靠。因此除了预测的网络性能之外,通过返回置信值作为调度模块203的参考,能够量化查询结果的可靠性。

[0063] 优选地,切换数据至少包括基于断开连接时间的判断而将多个网络之间的切换判定为表示成功的第一切换数据、表示失败的第二切换数据、表示中断的第三切换数据。优选地,在移动场景下,移动通信网络的切换会出现三种情况:

[0064] 1、切换成功(Success):通过该过程成功接收到所有切换控制信号,并且网络断开连接时间通常小于100ms,TCP无法感知。

[0065] 2、切换失败(Failure):发送(并记录)从UE到基站的切换请求,但是在另一个方向上,即基站到UE的切换命令丢失。断开连接时间的中位数为1秒,断开连接时间的95%分位数可达5秒。

[0066] 3、切换中断(Blackout):一般发生在用户设备突然失去蜂窝覆盖范围的情况下,例如进入隧道,或没有基站部署的区域。断开连接时间的中位数为3秒,断开连接时间的90%分位数为10秒。与切换失败不同,用户设备将无法在中断中看到任何切换请求日志。

[0067] 优选地,切换数据至少可以将表示预测切换失败的第三切换数据以及预测切换中断的第三切换数据反馈至调度模块203。通过该设置方式,除了高度动态变化的网络之外,由切换失败和中断导致的断开连接是降低网络性能的另一个关键因素,因此通过在高速移动的场景下向调度模块203提供相关的切换信息,能够避免调度模块203将数据包分发到需要长时间断开连接的通信路径500上。

[0068] 根据一种优选实施方式,调度模块203通过所述数据获取模块202的第一数据、第二数据和第三数据获取短期历史数据602。优选地,短期内的历史数据602是指过去第三时间内观察到的第一数据和/或第二数据和/或第三数据。例如,客户端100的吞吐量等。优选地,第三时间可以是几秒钟也可以是几分钟,用户可以自定义。

[0069] 优选地,调度模块203融合基于位置感知的多日网络性能数据601与短期历史数据602方式为:基于互补的方式将基于位置感知的多日网络性能数据601和短期历史数据602统一为网络性能指标估计的上下文数据600。优选地,由于多日网络性能数据601是通过多

日观察得到基于位置感知预测的网络性能数据,而不同的时期内网络性能数据可能变化较大,不同源的信息也可能彼此不一致,因此需要通过短期内观察到的短期历史数据602来缓解这种不可靠特性。优选地,可以根据多日网络性能数据601和短期历史数据602之间的一致特性,即方差来进行融合。优选地,基于方差越小估算方法越好的启示,提出了一种最小方差无偏估计量,它基本上是来自多个来源的加权平均值。权重是与方差成反比的归一化指标,或与置信度成线性关系。具体而言,估算器具有以下形式:

$$[0070] \quad E = \frac{\sum_i \frac{v_i}{\sigma_i^2}}{\sum_i \sigma_i^{-2}}$$

[0071] 其中E是估计TCP的性能指标(例如带宽、RTT),即上下文数据600。 v_i 是信息源i的值, σ_i^2 是信息源i的方差。优选地,,使用数据库的置信度值作为 σ_i^2 的倒数用作长期经验数据,即多日网络性能数据601,并将吞吐量样本的方差作为 σ_i^2 用作短期历史数据602。

[0072] 根据一种优选实施方式,调度模块203配置为:基于网络性能指标估计而感知不同制式网络的断开连接;基于不同网络的断开连接的感知而预测不同制式网络间的切换结果的概率;基于预测的不同切换结果的概率而生成风险切换结果。切换结果为切换成功(Success)、切换失败(Failure)以及中断(Blackout)。优选地,大量的LTE移动性跟踪数据表明,并非所有小区都具有高度确定性的切换结果。大约20%的蜂窝小区发现其切换元组中{success,failure,blackout}的最高概率值小于80%。优选地,假阳性,即成功切换被预测为失败,将导致自我限制和带宽利用率不足;而假阴性,即失败的切换被预测为成功预测将导致丢包和高乱序延迟,尤其是在会话时数据流被分派到多个通信路径500上。

[0073] 优选地,调度模块203配置为通过如下步骤获取风险切换结果:对预测切换成功、切换失败以及中断的错误预测分配不同的惩罚值,如图2所示。优选地,我们将1分配为错误预测切换成功(Success)为切换失败(Failure)的惩罚值。将2分配为错误预测切换成功(Success)为中断(Blackout)的惩罚,因为中断(Blackout)的断开时间约为切换失败的两倍。错误预测切换失败(Failure)以及中断(Blackout)为切换成功(Success)的惩罚设置为1。优选地,惩罚设置1或2是定性的设置,而不是定量的。优选地,基于惩罚值以及预测切换成功、切换失败以及中断的概率构建风险决策表,如图2所示。基于风险决策表得到的最小风险值而生成风险切换结果。优选地,此处设置的惩罚值是定性的而不是定量的。我们根据经验概率计算每个决策在进入新蜂窝小区时的风险,并选择具有最小风险值的决策以实现更好的风险管理。例如,如果切换概率为{0.2,0.3,0.5},则每个决策的风险为{0.8,0.7,1.0},风险切换结果预测失败而不是中断。为了进一步减轻假阳性的影响,我们在其他通信路径500上发送的数据包的冗余副本而不是停止发送任何数据包,通过该设置它可能带来更快的跨路径重传等有利因素,以减少乱序延迟和丢包。

[0074] 优选地,本实施例提供的中继设备能够兼容现有的多路径传输协议MPTCP,还能够与不支持MPTCP协议的现有网络中间件兼容。优选地,如图1所示,调度模块203配置为将收发模块201接收的数据分流至用于绕过内核协议栈230处理的第一路径210和经过内核协议栈230处理的第二路径220。优选地,绕过内核协议栈230处理的方式是数据的调用是通过原始套接字242而不是标准套接字241。通过该设置方式,原始套接字242能够收发没有经过内

核协议栈230处理的数据包,因此数据的调用是在用户空间240而不是内核空间250,不需要对内核进行改造,而且也不涉及应用程序的修改,能够与现有技术中广泛部署的网络中间件兼容,而有利于本实施例提供的中继设备的实际部署。优选地,如图1所示,第二路径220从标准套接字241收发数据包。而标准套接字241收发的数据包都是经过内核协议栈230处理的数据包。通过该设置方式,第二路径220可以用于发送类似于结算的控制信息。

[0075] 优选地,调度模块203基于收发模块201对接收的数据进行解析以对接收的数据进行分类,从而将符合可编辑的特定数据类型的数据分流至第一路径210。调度模块203按照如下步骤对接收的数据分类:基于接收的数据的帧结构是否符合特定数据类型的帧结构;基于接收的数据是否为直接连接目标客户端100或目标服务器400。优选地,特定数据的类型指的是至少包括数据采用的协议格式以及源地址。例如,可以通过源地址而获取该数据是否是直接服务的客户端100传输的数据。例如,还可以通过数据的协议格式而有选择的对特定协议的数据实现多路径传输。优选地,如图1所示,收发模块201可以对不同通信协议、格式的数据进行解析,从而能够根据用户定义的特定数据的类类型,将相关的数据分流至第一路径210。通过该设置方式,接收的客户端100的数据能够通过收发模块201自动完成协议转换,无需额外的模块,提高了兼容性,且大幅度减少了编程工作的难度。

[0076] 优选地,调度模块203按照将经由第一路径210处理的数据映射至至少两个彼此独立的通信路径500的方式构建用户空间240层面的多用户多路径传输框架。

[0077] 通过以上设置,本实施例的有益效果是:通过第一处理路径210使用原始套接字242从而用户空间240中处理用户端100或服务器400发送的数据流以实现内核绕过,使得在用户空间240层面传输多个客户端100的数据,从而将多路径分组调度的逻辑提升到应用于应用程序的用户空间240,能够从全局的角度结合网络的动态变化和应用规范来调度分组实现聚合QoE的优化。此外,多路径传输以及分组调度全部都是在用户空间240实现,不仅有利于集成和驱动有关网络性能的上下文数据,并且可以高度扩展以集成新的分组调度策略,有利于部署和性能优化。

[0078] 优选地,如图1所示,在本实施例提供的中继设备可以与服务器400侧的多路径模块300之间有至少两个彼此独立的可用通信路径500。优选地,通信路径500可以以不同的方式灵活实现。例如,可以使用TCP链接作为通信路径500,也可以使用流控制传输协议(Stream Control Transmission Protocol,SCTP)的链接作为通信路径500。优选地,调度模块203将第一路径210内的数据反向复用到多个通信路径500上,从而可以通过每个通信路径500上的TCP套接字来传输第一路径210内的数据。TCP有效载荷和控制数据都被封装到传输层中。优选地,用户可以根据使用环境选择多个拥塞控制算法,例如选择TCP BBR拥塞控制算法,能够减少端到端延迟和丢包。优选地,反向复用是指在调度模块203将来自第一路径210的数据流分段并封装成报文,然后将报文分发到管道上。每个报文都有一个报头,其中包含应用程序连接的ID、长度和序列号

[0079] 优选地,在服务器400侧的多路径模块可以是本实施例提供的中继设备,也可以是其他具有多路径传输能力的代理服务器。数据传输过程如下:调度模块203将用户的数据分配至至少两个通信路径500上,从而能够利用多路分集的效益实现带宽聚合,使得数据包能够通过多个路径传输至设置在服务器400侧的中继设备。此处的中继设备提取多条路径到达的数据包,并还原成客户端100传输的数据。然后,将客户端100传输的数据传输至服务器

400。当服务器400向客户端100反馈数据时,此时与服务器400建立会话的中继设备与客户端100侧的中继设备的功能相同,即通过原始套接字242将符合特定数据类型的数据以反向复用至少两个彼此独立的通信路径500的方式传输至客户端100侧的中继设备上。通过以上设置方式,通过利用反向多路复用通信路径500和选择不同的传输层通信协议的方式,能够通过消除连接建立的开销(例如,慢启动)立即使得短流受益,而且使得每个管道上的流量更加密集,从而带来更好的宽带利用率。

[0080] 优选地,调度模块203在单独的网络命名空间传输和处理第一路径210内的用户数据。通过该设置方式,能够避与其他程序使用的内核配置冲突,并减轻潜在的安全问题。例如,在代理服务上需要禁用反向路径过滤的操作,让用于将数据包转发到真实网卡的虚拟以太网设备接收本实施例提供的中继设备生成的任何源IP的数据包,由此产生的安全风险将与正常运行的程序隔离开来,并由调度模块203在自己的网络命名空间中管理。

[0081] 优选地,本实施例提供的中继设备其部署方式如图1所示。客户端100可以通过无线或有线的方式与收发模块201连接。例如,可以通过无线访问接入点(Wireless Access Point, AP)与收发模块201连接。还可以通过有线连接的方式与收发模块201连接。多路径模块同样可以通过有线或无线连接的方式与服务器400连接。而在本实施例提供的中继设备可以通过基站(例如BTS、NodeB、eNodeB等)接入不同的核心网,并由核心网接入短波通信网、GPS、卫星通信网、蜂窝移动网、PSTN、ISDN、Internet等。在不同的应用场景下,本实施例提供的中继设备部署的位置不同。例如,中继设备可以部署在客户端100侧的家庭网关、路由器、客户端前置设备(Customer Premise Equipment, CPE)的数据转发节点上;本实施例提供的中继设备还可以部署在混合汇聚点节点(HAAP)。例如,3G核心网元SGSN(Serving GPRS Support Node)以及GGSN(Gateway GPRS Support Node)上。优选地,还可以部署在4G核心网络中,例如,部署在LTE(Long Term Evolution)的全IP分组核心网EPC(Evolved Packet Core)的网元上,比如SGW(Serving Gateway)和PGW(PDN Gateway)。

[0082] 优选地,本实施例提供的中继设备能够与多路径模块或部署在服务器400侧的另一个本实施例提供的中继设备建立多路径连接。本实施例提供的中继设备根据部署的位置不同,可以实现不同的功能。例如在高速移动的地铁、火车、动车上,由于快速移动以及复杂地形的限制,乘客的移动网络处于频繁的网络中断状态。因此可以将本实施例提供的移动通信设备部署在地铁、火车、动车上,通过AP将乘客的用户设备接入,从而可以利用不同运营商的不同频段的移动网络与具有多路径传输功能的多路径模块连接,或者与部署在服务器400侧的另一个中继设备连接实现多路径传输。例如,在车站、机场等人流量较大的公共场所中,本实施例提供的中继设备可以通过多频段的Wi-Fi与用户连接,而多路径模块或另一个本实施例提供的中继设备可以与为用户提供网络服务的设备连接,从而为大量的用户提供基于多路传输的网络访问功能。优选地,如果将多路径传输功能的多路径模块或者部署在服务器400侧的另一个中继设备部署于内容分发网络(Content Delivery Network, CDN)提供商的骨干网络中,可以利用多路传输技术提高用户访问该CDN的效率。也可以将多路径传输功能的多路径模块连或者部署在服务器400侧的另一个中继设备部署于特定的内网中,可以取得类似虚拟专用网络VPN的效果,即在外部访问该内网中的数据,同时也可以获得多路传输提供的传输效率增益。

[0083] 实施例2

[0084] 本实施例提供一种多路径传输中继方法,方法包括在多个客户端100与多个服务器400通信的路由路径上部署第一数据中继处理模块200。方法还包括:第一数据中处理模块200与具有多路径传输能力的多个客户端100或服务器400或与多个服务器400建立通信会话的第二数据中继处理模块300建立多路径连接。优选地,第一数据中继处理模块200和第二中继数据处理模块具有相同的功能。优选地,第一数据中继处理模块200和第二数据中继模块300配置为融合基于位置感知的多日网络性能数据601与短期历史数据602的方式预测网络性能,并基于预测的网络性能将接收的多个客户端100或服务器400的数据映射至至少两个彼此独立的通信路径500上,从而实现客户端100与服务器400之间的多路径传输。优选地,如图3所示,第一数据中继处理模块200和第二数据中继处理模块300建立多路径传输链接。优选地,第一数据中继处理模块200具有实施例1中的中继设备相对应的功能,其同样通过融合基于位置感知的多日网络性能数据601与短期历史数据602的方式预测网络性能,并基于此将客户端100或服务器400的数据分配至不同的通信路径500,重复的内容不再赘述。

[0085] 根据一种优选实施方式,第一数据中继处理模块200和第二数据中继模块300将接收的多个客户端100或服务器400的数据分流至用于绕过内核协议栈230处理的第一路径210和经过内核协议栈230处理的第二路径220。第一数据中继处理模块200和第二数据中继模块300按照将经由第一路径210处理的数据映射至至少两个彼此独立的通信路径500的方式构建用户空间240层面的多用户多路径传输框架。优选地,本实施例的第一数据中继处理模块200和第二数据中继模块300也采用如同实施例1的方式构建在用户空间240上的多路径传输框架,因此可以集成于现有的网络中间件中,不需要对内核进行改造。优选地,第一数据中继处理模块200和第二数据中继模块300构建用户空间240层面的多路径数据传输框架同实施例1相同,重复的内容不再赘述。

[0086] 如本文所用的词语“模块”描述任一种硬件、软件或软硬件组合,其能够执行与“模块”相关联的功能。

[0087] 需要注意的是,上述具体实施例是示例性的,本领域技术人员可以在本发明公开内容的启发下想出各种解决方案,而这些解决方案也都属于本发明的公开范围并落入本发明的保护范围之内。本领域技术人员应该明白,本发明说明书及其附图均为说明性而并非构成对权利要求的限制。本发明的保护范围由权利要求及其等同物限定。

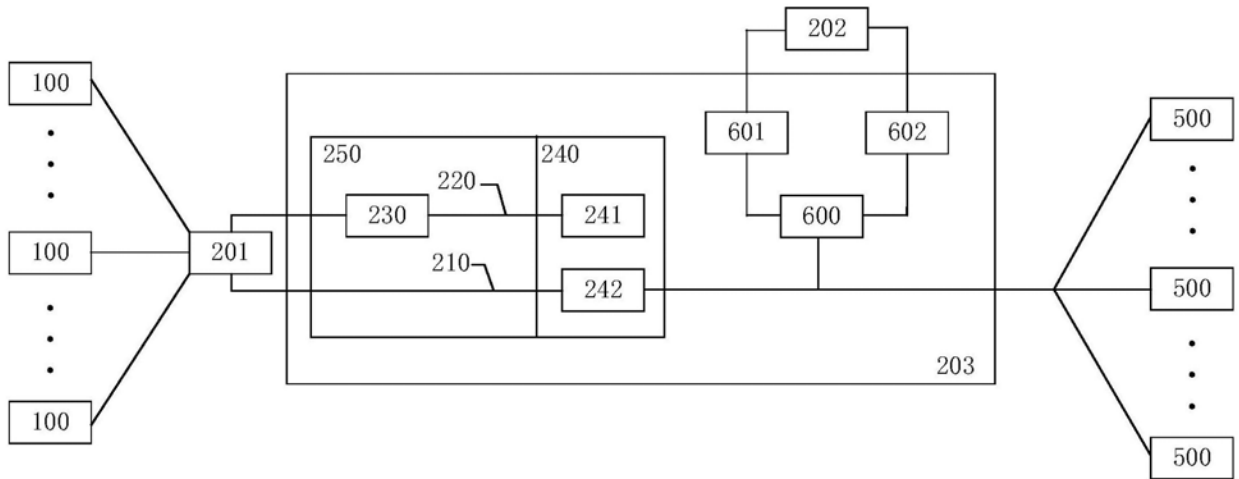


图1

Decision \ Reality	Success	Failure	Blackout
Success (P_I)	0	1	2
Failure (P_{II})	1	0	2
Blackout (P_{III})	1	1	0
Decision risk	$P_{II} + P_{III}$	$P_I + P_{III}$	$2(P_I + P_{II})$

图2

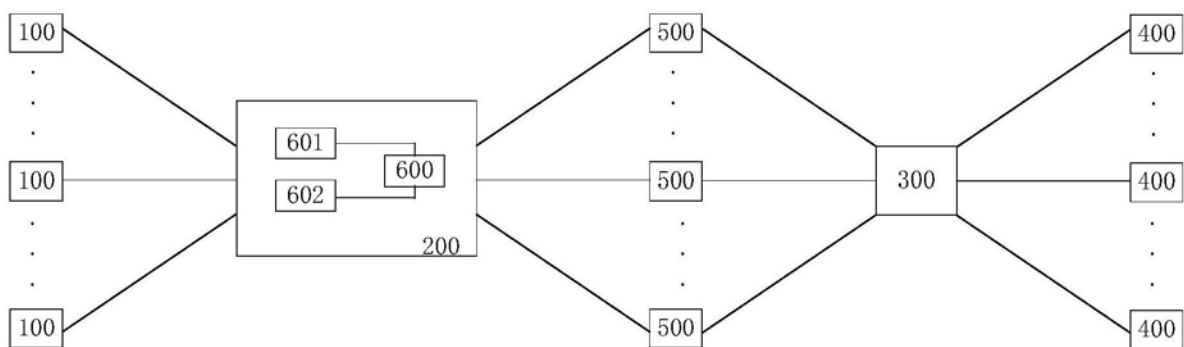


图3